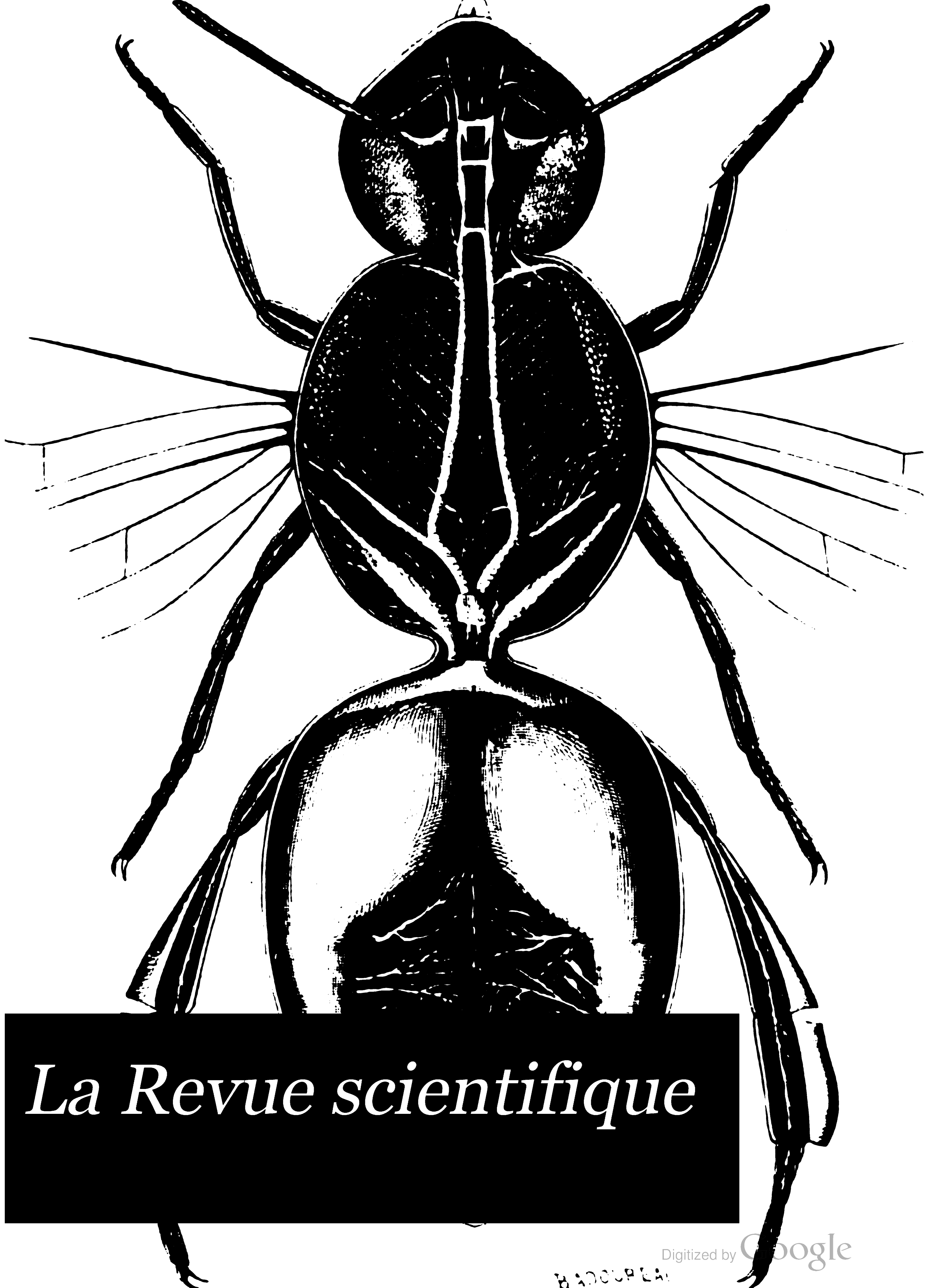
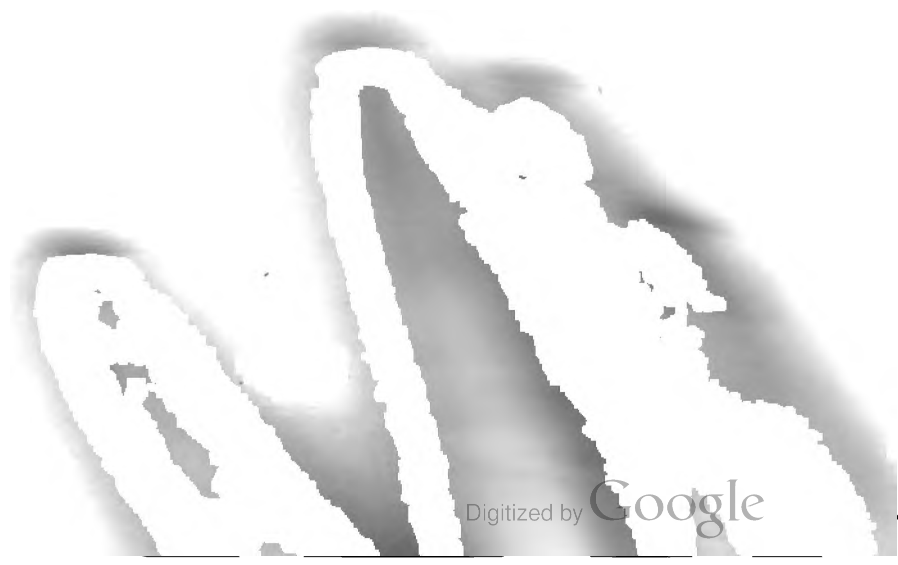

La Revue scientifique







REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES



PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQU

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

COLLÉGE DE FRANCE
MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE — SORBONNE — ÉCOLE DE PHARMAC
FACULTÉ DE MÉDECINE — SOCIÉTÉS SAVANTES
FACULTÉS DES DÉPARTEMENTS — UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES
SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE ET DES VILLES DE PROVIN
CONFÉRENCES LIBRES

Avec figures intercalées dans le texte

Direction de MM. Eug. YUNG et Ém. ALGLAVE

CINQUIÈME ANNÉE

PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR
17, RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17

Londres
Hipp. Baillière, 219, Regent street.

New-York
Baillière brothers, 440, Broadway.

Madrid
C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1867-1868

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 1 — 7 DÉCEMBRE 1867

PHÉNOMÈNES D'ORGANISATION ET DE CONNEXIONS ORGANIQUES (1).

Système cellulaire fibreux, cartilagineux, osseux, etc.— Éléments cellulaire, connectif, plasmatique, etc.

Au point de vue de l'organisation, on pourrait séparer les produits organisés, ou les éléments histologiques constitutifs des diverses parties du corps vivant en deux groupes : les uns étant essentiellement *actifs* dans les manifestations vitales; les autres ayant, au contraire, à remplir des rôles *passifs* dans la construction organique et dans le jeu des divers mécanismes vitaux. Les éléments histologiques actifs, tels que les éléments musculaires, nerveux, glandulaires, etc., ne sauraient fonctionner isolément et sans l'intervention de certaines connexions organiques nécessaires. Ces éléments, pour constituer les organes ou les appareils locomoteurs et sécréteurs, ont besoin d'être reliés par une sorte de gangue commune, le tissu cellulaire, et d'être combinés avec des tissus passifs, tels que les tissus fibreux, élastiques, cartilagineux, osseux, etc. D'où il résulte que l'expression fonctionnelle d'un organe ou d'un appareil quelconque sera toujours la résultante des propriétés manifestées par les éléments actifs et passifs réunis et associés.

Le tissu *cellulaire*, tel que le comprenait Bichat, est un tissu généralement répandu entre toutes les parties élémentaires du corps, servant à la fois de tissu connectif qui les réunit, et de substance intermédiaire qui les sépare. Outre son rôle protecteur, ce tissu sert de réservoir à des liquides interstitiels et à de la graisse (2); il comble les vides interorganiques, et concourt ainsi à la beauté des formes du corps. Le tissu cellulaire est donc, pour ainsi dire, un système neutre; il devient un auxiliaire fonctionnel pour tous les autres tissus, et il est parcouru par les vaisseaux et les nerfs qui établissent les relations vitales et organiques entre toutes les parties du corps. Très-extensible sous la peau, dans certains points, le tissu cellulaire permet le glissement des organes, et engendre les bourses muqueuses et les membranes séreuses; plus resserré en d'autres endroits, il maintient les parties et les protége contre des déplacements nuisibles. Ce tissu se laisse facilement pénétrer, distendre et infiltrer par l'air ou par l'eau. Les bouchers utilisent le premier moyen pour enlever la peau des animaux; les anatomistes ont fait usage du second pour séparer les éléments anatomiques par des procédés hydrotomiques. Lorsque le tissu cellulaire est ainsi distendu par de l'air ou de l'eau, il semble formé d'une substance lamellaire et cloisonnée; mais c'est là une simple apparence : l'histologie a montré que ce tissu est constitué essentiellement par une substance fibrillaire.

Le tissu cellulaire ou muqueux avait déjà été considéré par les anciens anatomistes comme un tissu primitif pouvant donner naissance à tous les autres. Nous verrons plus loin que l'histologie moderne a confirmé ces vues en montrant que le système cellulaire est un véritable vestige de tissu plastique embryonnaire persistant chez l'adulte et formant le siége des principales néo-formations organiques.

Le tissu *fibreux* est constitué anatomiquement, comme le tissu cellulaire, par des fibrilles; mais elles sont plus résistantes et plus serrées. Le tissu fibreux entre dans la contexture de presque tous les organes du corps; c'est lui qui forme la charpente résistante de la peau et du canal intestinal, des divers réservoirs ou vessies, des conduits excréteurs, des artères et des veines, etc.; il unit les muscles avec les os, soutient l'élément musculaire et relie entre elles les différentes parties du squelette par le moyen des tendons, des aponévroses, du périoste, des capsules articulaires, des ligaments, etc. Le tissu fibreux remplit des usages importants, grâce à deux propriétés essentielles qu'il possède, la *résistance* et l'*élasticité*. Ces deux propriétés n'existent pas au même degré dans toutes les variétés de tissu fibreux, et, quoiqu'elles aient été reconnues depuis longtemps par les anatomistes, elles n'ont encore été l'objet que d'un petit nombre de recherches au point de vue de la physiologie générale. En France, M. Wertheim (1) a publié, sur l'élasticité et la cohésion des diverses parties du corps, des études intéressantes, mais encore bien incomplètes.

(1) Cet article est extrait d'un Rapport fait par M. Claude Bernard au ministre de l'instruction publique, sur les progrès de la physiologie en France depuis vingt ans. Ce Rapport doit paraître très-prochainement dans son ensemble. — Voyez dans les trois premières années de la *Revue des cours scientifiques* trois cours de M. Claude Bernard sur *la Physiologie générale* et *la médecine expérimentale*, reproduits *in extenso*.

(2) La graisse qui est déposée dans le tissu cellulaire remplit des usages différents. Elle peut devenir un organe protecteur contre le refroidissement extérieur, en même temps qu'elle constitue un dépôt de matières nutritives dans l'abstinence, ainsi que cela s'observe pour les animaux hibernants.

La graisse est déposée dans des cellules, sans doute par une sorte d'infiltration des cellules plasmatiques. Elle s'y dépose quand la graisse surabonde dans le sang, et elle y rentre quand la graisse diminue, ainsi que cela se voit dans l'abstinence et dans la maladie. La graisse est quelquefois accumulée en si grande quantité dans le tissu cellulaire sous-cutané, qu'elle atrophie les vaisseaux et les nerfs. La peau devient alors insensible et l'absorption ne se fait plus, ou à peine, dans ces épais pannicules graisseux.

(1) Wertheim, *Mémoire sur l'élasticité et la cohésion des principaux tissus du corps humain*, présenté à l'Académie des sciences dans la séance du 28 décembre 1846.

L'élasticité du tissu fibreux, comme celle du caoutchouc, est une force lente et constante; elle protége les organes et les éléments organiques en s'opposant naturellement à l'action brusque et rapide de toutes les forces vives, de quelque source extérieure ou intérieure qu'elles proviennent. Dans l'organisme vivant, l'élasticité fibreuse est une propriété passive qui a pour rôle principal de faire équilibre à la contractilité musculaire, qui est une propriété active et instantanée. Tantôt le tissu fibreux, faisant antagonisme à des groupes de muscles, assouplit les divers mouvements du squelette, comme cela s'observe pour les ligaments jaunes des vertébrés et pour le ligament cervical postérieur; tantôt le tissu élastique amortit et absorbe en quelque sorte le choc de la contraction d'un seul organe musculaire. Dans les grosses artères, la tunique moyenne, qui est formée par du tissu fibreux jaune élastique, est destinée à amortir, à absorber l'impulsion cardiaque, résultant de la contraction brusque des ventricules. Cette force vive musculaire, au lieu de se transformer, par les résistances contre des parois vasculaires inextensibles, en chaleur ou autre force, et de se perdre ainsi pour l'impulsion du sang, vient au contraire s'emmagasiner en quelque sorte dans l'artère, qui la restitue sous forme d'élasticité, en donnant au cours du sang de l'uniformité et la continuité. Le rôle de l'élasticité artérielle, déjà indiqué et bien compris par Magendie et M. Poiseuille, a été, dans ces derniers temps, l'objet de recherches nouvelles (1). Dans les petites artères, l'élasticité fait encore antagonisme à la contractilité dont sont plus spécialement doués les vaisseaux de cet ordre. Lorsque les fibres des muscles circulaires de l'artère se contractent, elles la rétrécissent et compriment sa tunique élastique; quand elles se relâchent, l'élasticité artérielle restitue au vaisseau son calibre normal, etc.

Enfin nous voyons le tissu élastique conserver encore le même caractère fonctionnel ou physiologique quand, au lieu d'être annexé à des appareils ou à des organes musculaires complexes, il se trouve combiné avec l'élément musculaire lui-même. En effet, il faut reconnaître dans l'élément musculaire deux propriétés distinctes : l'une, active, est la contractilité qui réside dans la substance musculaire; l'autre, passive, est l'élasticité qui réside dans la matière fibreuse constituant la paroi du tube musculaire. Il faut nécessairement tenir compte de ces deux ordres de propriétés pour établir la théorie de la contraction musculaire (2). Quand la substance contractile intra-tubulaire vient à se resserrer suivant sa longueur ou à se contracter subitement, elle tend à raccourcir le tube fibreux du muscle et à rapprocher les parties auxquelles il est inséré; mais ces parties offrent toujours une certaine résistance d'inertie, qui, ne pouvant être immédiatement vaincue, met en jeu l'élasticité du tube musculaire. Dès que la résistance est entraînée, la force vive, perdue dans la fraction de seconde qui précède la contraction, est restituée sous forme d'élasticité qui s'ajoute pour concourir au mouvement total de raccourcissement. L'élasticité de l'élément ou du tissu fibreux, pour être une propriété passive, n'en est pas moins une propriété de tissu appartenant à la matière organisée. Cette propriété pourrait donc aussi être appelée vitale; car elle s'altère assez rapidement dès que la vie a cessé et que la matière ne se nourrit plus. M. Wertheim avait déjà observé que la cohésion et le coefficient d'élasticité des muscles diminuent après la mort. J'ai vu de mon côté que l'élasticité musculaire se comporte comme toutes les propriétés vitales, c'est-à-dire qu'elle s'amoindrit ou s'engourdit sous l'influence du froid; se réveille, augmente et s'épuise plus vite sous l'influence de la chaleur.

(1) Marey, *Physiologie médicale de la circulation*.

(2) La théorie de la contraction musculaire est une question entourée de beaucoup de difficultés, et qui n'a pas encore été résolue, malgré tous les travaux importants dont elle a été l'objet. — Voyez sur ce sujet, dans la *Revue des cours scientifiques*, plusieurs leçons de M. Marey, t. IV, p. 794, 809, 820 et 833, n°s des 9, 16, 23 et 30 novembre 1867; et t. III, p. 207, 408 et 549, n°s des 17 février, 19 mai et 14 juillet 1866; — enfin des leçons de M. Claude Bernard, t. I, p. 529 et 596, n°s des 20 août et 17 septembre 1864.

Le tissu fibreux, en se combinant avec le tissu cartilagineux élastique, arthrodial et synovial, compose des tissus passifs mixtes qui remplissent des rôles importants pour la formation des articulations destinées à unir les différentes parties du squelette entre elles.

Le tissu *cartilagineux* proprement dit constitue le squelette, définitivement chez les animaux cartilagineux, et transitoirement chez ceux dont le squelette arrive à l'état osseux. Les propriétés des tissus cartilagineux et osseux sont : la résistance et l'élasticité; ce sont les tissus passifs destinés à former la charpente de la machine vivante et à servir d'insertion et de soutien à tous les organes actifs des manifestations vitales. Il est des animaux, tels que les arthropodes ou les articulés, chez lesquels le squelette est extérieur et renferme les parties molles du corps, au lieu que ce soient celles-ci qui entourent les os.

Le squelette extérieur des arthropodes, quoique doué de solidité et d'élasticité, n'est pas de même nature que le squelette intérieur des vertébrés; il est formé d'une substance analogue au ligneux, la *chitine*. C'est ainsi qu'on peut suivre le passage entre le squelette osseux des animaux et le squelette ligneux des végétaux. Bien que les systèmes osseux, chitineux et ligneux soient formés d'éléments histologiques passifs, ils constituent cependant des tissus vivants, en ce sens qu'ils sont le siége de phénomènes de nutrition et de rénovation organique (1). Aussi diverses conditions physiologiques normales ou morbides peuvent-elles amener de profondes modifications dans les propriétés de ces tissus. Toutefois, si tous les tissus passifs doivent être ramenés à des éléments histologiques vivants, il faut cependant, à raison de la grande quantité de substances terreuses qui entrent dans la constitution de quelques-uns d'entre eux, les regarder comme participant à la nature minérale. C'est pourquoi nous voyons les organes formés par les tissus, tels que les os, le ligneux, etc., résister aux causes de destruction et devenir les témoins fossiles d'organismes vivants qui souvent ont disparu depuis des siècles.

Si maintenant, envisageant notre sujet au point de vue plus spécial de la physiologie générale, nous voulons remonter aux éléments organiques constitutifs des divers tissus que nous avons précédemment cités, nous verrons que tous ces tissus *passifs* de l'économie forment bien réellement une famille. Ils peuvent en effet être considérés tous comme dérivant d'un élément de même genre, qui, par des différentiations ou des variétés d'évolution, peut donner naissance à

(1) En nourrissant des animaux avec de la garance, M. Flourens a démontré le mouvement nutritif qui se fait dans les os.

chacune des espèces des tissus cellulaires, fibreux, cartilagineux, osseux, ligneux, etc.

L'élément histologique du tissu cellulaire est la cellule plasmatique. La paroi de cette cellule, au lieu d'être arrondie, présente une forme étoilée donnant naissance par ses angles à des prolongements canaliculés très-ténus, communiquant avec d'autres cellules plasmatiques, de manière à constituer un véritable réseau de cellules de tissu cellulaire. Dans ce qu'on appelle plus spécialement le tissu cellulaire *muqueux*, ainsi qu'on le trouve chez le fœtus dans le cordon ombilical, et chez l'adulte dans le corps vitré, les espaces intercellulaires sont remplis par une substance hyaline et muqueuse; tandis que, dans le tissu cellulaire proprement dit, les espaces qui séparent les cellules sont remplis par la substance fibrillaire qui donne au tissu cellulaire ses propriétés caractéristiques.

Que l'on considère la substance fibrillaire intercellulaire comme un produit ou comme une sorte de détritus du réseau cellulaire, toujours est-il que la cellule plasmatique est en état de régénération ou de prolifération incessante. Cette cellule de tissu cellulaire ou plasmatique offre de l'analogie et même de nombreuses ressemblances avec une cellule embryonnaire. Comme elle, elle ne possède pas de paroi réelle, car il faut regarder sa paroi ou son enveloppe étoilée comme une formation secondaire.

L'élément histologique du tissu fibreux ne diffère pas essentiellement de celui du tissu cellulaire. C'est toujours une cellule plasmatique, dont l'enveloppe secondaire, qui est également étoilée avec des prolongements multiples, forme un véritable produit de sécrétion fibrillaire, offrant plus ou moins de résistance et plus ou moins d'élasticité, suivant la nature spéciale du tissu fibreux. Les enveloppes cellulaires et leurs filaments constituent la réalité, la substance *fondamentale* du tissu fibreux, dans lequel les cellules plasmatiques anciennes meurent en même temps que des nouvelles apparaissent. De même, dans l'épiderme, le tissu épidermique est produit par les enveloppes aplaties des cellules actives du corps muqueux qui se renouvellent incessamment, etc.

Dans le tissu cartilagineux, nous avons encore une cellule plasmatique, qui forme autour d'elle une membrane secondaire ronde ou étoilée, suivant les diverses formes du tissu cartilagineux; puis, nous trouvons un produit de sécrétion intercellulaire qui constitue la substance *fondamentale* du cartilage. Dans le tissu osseux, il en est de même. Autour de la cellule osseuse naît le corpuscule osseux, c'est-à-dire l'enveloppe secondaire étoilée, qui, par ses prolongements canaliculés, forme les canalicules osseux. En dehors de cette paroi et dans les espaces intercellulaires est sécrétée la substance *fondamentale* calcifiée qui constitue la substance osseuse proprement dite. Les cellules cartilagineuses et osseuses sont en voie de reproduction constante. C'est au-dessous du périoste, et dans le canal médullaire, qu'on observe spécialement le travail de régénération osseuse. Le tissu osseux n'est point, comme on le croyait autrefois, du tissu cartilagineux qui s'incrusterait peu à peu de sels calcaires. Une molécule du tissu osseux est, dès son apparition, aussi riche en sels calcaires que plus tard (1). D'ailleurs la production du tissu cartilagineux ne saurait être regardée comme une phase de la formation du tissu osseux; ce sont deux évolutions indépendantes et distinctes (1).

En résumé, tous les tissus passifs de l'organisme peuvent être regardés comme de véritables produits de sécrétion extra-cellulaires ou interstitiels, servant en quelque sorte de ciment ou de mortier pour relier les éléments des tissus actifs. Tantôt ces produits sécrétés sont constitués par une substance fibrillaire souple, résistante ou élastique, ainsi que cela s'observe dans les tissus cellulaires fibreux, élastiques et cartilagineux; tantôt les parois des cellules secondaires, animales ou végétales, qui constituent le tissu passif, s'incrustent de sels terreux, comme on le voit pour les tissus osseux, ligneux, chitineux.

Dans la plupart des animaux, tous les tissus passifs sont constitués par une substance fondamentale, qui, sous l'influence de l'ébullition ou de l'action des acides, se réduit en gélatine. J'ai montré que l'action digestive du suc gastrique attaque spécialement cette substance colloïde, tandis que le suc pancréatique agit plus particulièrement sur le parenchyme organique, c'est-à-dire sur l'élément histologique lui-même. Il résulte de là qu'on peut utiliser l'action de ces liquides digestifs pour des recherches d'histologie. Dans les végétaux et dans certains animaux, par exemple les insectes et les crustacés, la substance fondamentale des tissus passifs, tels que la chitine ou le ligneux, se transforme en sucre (glycose) par l'action de l'ébullition ou des acides (2). Quant aux sels terreux qui incrustent les tissus passifs, ils sont de natures différentes, suivant les tissus, et ils pourraient même, dans certaines circonstances, être substitués les uns aux autres. On a rapporté des cas dans lesquels on avait pu substituer la magnésie ou la silice à la chaux, dans la coque de l'œuf d'oiseau ou dans la coquille des mollusques, parties qui rentrent aussi dans la classe des tissus passifs organiques.

Bien que la sécrétion des tissus passifs puisse se distinguer, par beaucoup de caractères, de la formation des tissus actifs, on voit, quand on examine l'essence du phénomène, que l'évolution organique n'en diffère pas réellement. On pourrait, à ce propos, regarder tous les tissus et tous les liquides de l'économie comme des *produits de sécrétion* de cellules vitales en voie de régénération constante; seulement, ces produits de sécrétion histologique auraient des destinations variées. Tantôt le produit de sécrétion, demi-fluide, reste intra-cellulaire, comme cela a lieu pour les matières nerveuses et musculaires. Ces substances accomplissent leur rôle actif et vital dans la cellule même qui les a formées, qu'elles soient restées sous forme de cellules ou qu'elles se soient transformées en fibres. Tantôt le produit de sécrétion se liquéfie, devient extra-cellulaire, et va remplir des usages physico-chimiques, sous forme de liquide expulsé, soit au dehors, comme cela a lieu dans les *sécrétions externes*, soit au dedans, comme cela a lieu dans les *sécrétions internes*. Tantôt enfin le produit de sécrétion est une formation solide intercellulaire et qui remplit *eodem loco* les usages physico-mécaniques passifs qui lui sont dévolus : tel est le cas de tous les tissus passifs que nous avons précédemment énumérés.

Parmi les points les plus intéressants de l'histoire évolutive des tissus passifs, nous devons citer la propriété commune

(1) A. Milne Edwards, *Études chimiques et physiologiques sur les os* (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, t. XIII, cah. n° 2).

(1) Ranvier, *Thèse de la Faculté de médecine de Paris*.

(2) Berthelot, *De la transformation en sucre de divers principes immédiats contenus dans les tissus des animaux invertébrés* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*. 1858, t. XLVII, p. 227).

qu'ils possèdent de pouvoir être greffés, et la facilité avec laquelle ils se régénèrent et se transforment en quelque sorte les uns dans les autres. La greffe animale, malgré les analogies que l'on a voulu lui trouver avec la greffe végétale, en diffère cependant par plusieurs côtés essentiels. Dans la greffe animale, on se borne en général à greffer un tissu ou un élément de tissu ; tandis que, dans la greffe végétale, on greffe toujours un élément spécifique de l'individu, œuf ou bourgeon. Il résulte de là que, dans la greffe animale, on ne peut espérer avoir que la continuation de la vie d'un tissu déterminé; tandis que, dans la greffe végétale, on obtient réellement le développement d'un individu nouveau sur un autre. Tous les tissus ne paraissent pas susceptibles de se développer et de vivre après leur transplantation d'un individu sur l'autre. Je rappellerai à ce sujet une expérience faite par M. Bert (1), et consistant à introduire sous la peau des parties de structure complexe, renfermant muscles, nerfs, tendons, etc. Après avoir retranché la queue à un jeune rat, M. Bert la dépouille de sa peau et la place dans le tissu cellulaire sous-cutané du même animal. La queue ainsi greffée contracte des connexions vasculaires, et continue à se développer dans certains de ses tissus, tandis que, dans d'autres, elle dégénère et meurt, en subissant, comme on le dit, des métamorphoses régressives. Or, l'observation apprend que les tissus qui meurent sont les tissus actifs, nerfs et muscles, tandis que les tissus qui se greffent et se développent sont les tissus passifs, os, cartilages, tendons, etc. Ces résultats d'expérience concordent d'ailleurs avec ceux qu'ont obtenus d'autres expérimentateurs. M. Ollier a montré, par des expériences qui ont eu beaucoup de retentissement, que le périoste, transplanté dans le tissu cellulaire sous-cutané, peut s'y greffer et y continuer son évolution osseuse (2). Mais, dans tous ces cas de greffe animale bien positifs, les choses ne se passent pas comme dans la greffe végétale. Le développement de la partie animale greffée n'est pas indéfini, parce que sans doute elle n'a pas conservé ses rapports avec son centre morphologique, et qu'elle a perdu sa connexité évolutive avec les autres éléments de l'organe auquel elle appartenait. En un mot, le lambeau du périoste d'un fémur greffé sous la peau n'y donne pas naissance à un fémur, comme on voit un bourgeon végétal donner naissance à un arbre. L'élément osseux du périoste, ou l'élément de tout autre tissu passif continue son développement élémentaire; mais bientôt il meurt, ou plutôt il perd la spécialité histologique qu'il avait ailleurs, et subit une métamorphose organique en vertu de laquelle il se transforme en tissu de la région dans laquelle il a été greffé.

Mais il importe de remarquer que cette propriété de changer en quelque sorte de direction évolutive est un privilége des tissus passifs, et ne se rencontre pas dans les tissus actifs. En effet, nous avons vu que les tissus actifs nerveux et musculaires, qui sont les tissus les plus élevés dans l'échelle histologique, ne semblent s'être perfectionnés qu'aux dépens de leur vitalité, puisqu'ils ne peuvent plus se greffer, et qu'une fois déplacés, ils meurent par une véritable décomposition organique (1). Sous ce rapport, les tissus passifs représentent des tissus inférieurs, doués d'une vitalité plus énergique et capables de se régénérer diversement, parce qu'ils ne sont point encore montés au sommet de l'organisation. Il semble, en effet, qu'il y ait dans l'évolution histologique une sorte de perfectionnement ascensionnel, que les éléments organiques ont la puissance de monter, mais qu'ils n'ont plus le pouvoir de redescendre.

D'après tout ce que nous avons dit jusqu'à présent, il y aurait donc lieu de conclure que les choses se passent comme si tous les éléments passifs dérivaient d'un même élément, la cellule embryo-plastique, dont les produits se modifieraient suivant le siége de leur développement. En effet, les tissus fibreux, cartilagineux, osseux, se forment du tissu cellulaire, et peuvent retourner à cet état, selon l'endroit où ils se trouvent transplantés. Cette influence du lieu sur la spécificité du développement histologique est difficile à expliquer; mais elle ne saurait être révoquée en doute, soit qu'on l'examine dans les expériences de greffe animale, soit qu'on la constate dans les diverses phases évolutives de l'histogenèse embryonnaire (2).

Quand on considère l'évolution complète d'un être vivant, on voit clairement que son organisation est la conséquence d'une loi organogénique qui préexiste d'après une idée préconçue et qui se transmet par tradition organique d'un être à l'autre. On pourrait trouver, dans l'étude expérimentale des phénomènes d'histogenèse et d'organisation, la justification des paroles de Gœthe, qui compare la nature à un grand artiste. C'est qu'en effet la nature et l'artiste semblent procéder de même dans la manifestation de l'idée créatrice de leur œuvre. Nous voyons, dans l'évolution, apparaître une simple ébauche de l'être avant toute organisation. Les contours du corps et des organes sont d'abord simplement arrêtés, en commençant, bien entendu, par les échafaudages organiques provisoires qui serviront d'appareils fonctionnels temporaires au fœtus. Aucun tissu n'est alors distinct; toute la masse n'est constituée que par des cellules plasmatiques ou embryonnaires. Mais, dans ce canevas vital, est tracé le dessin idéal d'une organisation encore invisible pour nous, et qui a d'avance assigné à chaque partie et à chaque élément sa place, sa structure et ses propriétés. Là où doivent être des vaisseaux sanguins, des nerfs, des muscles et des os, etc., les cellules embryonnaires se changent en globules du sang, en tissus artériel, veineux, musculaire, nerveux et osseux. L'organisation ne se réalise point d'emblée : d'abord vague et seulement indiquée, elle ne se perfectionne que par différentiation élémentaire, c'est-à dire par un fini de plus en plus achevé dans le détail. Mais cette puissance organisatrice n'existe pas seulement au début de la vie dans l'œuf, l'embryon ou le fœtus, elle poursuit son œuvre chez l'adulte, en présidant aux manifestations des phénomènes vitaux. Car c'est elle qui entretient par la nutrition et renouvelle d'une manière in-

(1) P. Bert, *Thèse de la Faculté des sciences de Paris*.

(2) Voyez dans la *Revue des cours scientifiques* un article de M. V. Cornil sur le travail de M. Ollier, t. IV, p. 285, n° du 30 mars 1867 ; — une leçon de M. Billroth et une de M. Joly sur la régénération des os, t. IV, p. 157 et 520, n^{os} des 2 février et 13 juillet 1867.

(1) Cependant M. Vulpian dit avoir greffé des morceaux de nerfs qui, après avoir dégénéré, se seraient régénérés. Les tissus glandulaires doivent-ils être rangés sous ce rapport dans les tissus actifs ou passifs ? Un morceau de foie ou de glande salivaire se greffera-t-il ? D'après les expériences de M. Philippeaux, un morceau de rate laissé en place reproduit une autre rate entière. Si le fragment de rate était greffé ailleurs, en serait-il encore de même ?

(2) De sorte qu'on pourrait considérer le développement des tissus hétérologues comme le résultat d'*une erreur de lieu*.

cessante les propriétés des éléments actifs et passifs de la machine vivante. L'organisation n'est donc rien autre chose que cette puissance génératrice continuée et s'affaiblissant de plus en plus. C'est pourquoi nous comprenons sous la dénomination de phénomènes *organotrophiques* tous les phénomènes d'organisation, de nutrition ou de création organique chez l'embryon, le fœtus et l'adulte, parce qu'ils sont toujours soumis à une seule et même loi.

L'élément plasmatique paraît donc destiné à opérer constamment le rajeunissement et la réorganisation des tissus et des organes d'après des lois organotrophiques, dont la physiologie a le sentiment certain, mais qu'elle n'a point encore déterminées.

La vie ne s'éteint et la mort naturelle n'arrive que parce que la production de l'élément plasmatique s'arrête, et parce qu'alors les tissus passifs s'imprègnent et s'incrustent de matières minérales ou autres qui gênent leurs fonctions et amoindrissent de plus en plus la nutrition ou la formation génésique des éléments histologiques actifs.

La puissance régénératrice des éléments plasmatiques est sans doute limitée; mais son activité peut diminuer ou augmenter sous l'influence de certaines conditions nutritives du milieu intérieur. Rien ne prouve d'ailleurs qu'on ne puisse pas étendre dans une certaine mesure les limites de ce pouvoir organotrophique, et lui communiquer même une nouvelle impulsion. Si, comme le dit Bacon, un des offices de la médecine est de prolonger la vie humaine, elle ne pourra y parvenir scientifiquement qu'en se fondant sur la physiologie; et la physiologie elle-même ne pourra lui fournir les moyens d'atteindre ce but que lorsqu'elle possédera la connaissance expérimentale des lois organotrophiques du corps vivant, et qu'elle aura déterminé les conditions physico-chimiques de leur manifestation.

Les lois morphologiques président donc, non-seulement à la construction du type extérieur de l'être vivant, mais elles régissent encore toutes les particularités de son organisation intérieure. Ces lois n'ont été jusqu'ici envisagées par le naturaliste et par l'anatomiste qu'au point de vue contemplatif de l'évolution et de la classification des êtres vivants, dans un ordre qui exprimerait lui-même les divers degrés d'une échelle organique. Mais, je ne cesserai de le répéter, le physiologiste se place à un point de vue essentiellement différent : il ne contemple pas seulement les phénomènes de la nature vivante, il veut agir sur eux; il ne cherche pas seulement l'expression de la loi organogénique évolutive, mais il veut déterminer les conditions physico-chimiques de sa manifestation.

Les physiologistes n'ont pas même encore entrepris d'une manière sérieuse la recherche expérimentale et scientifique des phénomènes et des conditions organotrophiques. Ils ont négligé cette investigation, sans doute parce qu'elle est entourée de difficultés considérables, mais probablement aussi parce qu'ils n'en ont pas compris toute l'importance. C'est pourtant dans cette étude que doivent résider, selon moi, les caractères spéciaux de la physiologie, considérée comme science propre et autonome. On aura beau analyser les phénomènes vitaux et en scruter les manifestations mécaniques et physico-chimiques avec le plus grand soin ; on aura beau leur appliquer les procédés chimiques les plus délicats, apporter dans leur observation l'exactitude la plus grande et l'emploi des méthodes graphiques et mathématiques les plus précises, on n'aboutira finalement qu'à faire rentrer les phénomènes des organismes vivants dans les lois de la physique et de la chimie générale, ce qui est juste ; mais on ne trouvera jamais ainsi les lois propres de la physiologie. Les lois spéciales à la physiologie sont les lois mêmes de l'organisation, et elles embrassent la connaissance exacte des conditions sous l'influence desquelles l'évolution vitale s'accomplit et la matière organisée se crée et se nourrit.

J'insiste sur la nécessité de diriger l'investigation physiologique expérimentale sur les phénomènes organotrophiques des êtres vivants, parce qu'on a peut-être aujourd'hui trop de tendance à exagérer l'importance de l'étude des phénomènes vitaux d'ordre mécanique et physico-chimique (1). Personne ne m'accusera certainement de blâmer la direction physico-chimique des études physiologiques ; mais je crois utile de dire que tout n'est pas là, d'autant plus que l'on peut facilement se faire illusion à ce sujet. En effet, s'il est très-sage, comme nous l'avons montré ailleurs, de suivre en physiologie la même méthode expérimentale que dans les sciences physiques ou chimiques, cependant le résultat de l'investigation ne saurait être le même dans les deux cas. Il est indispensable, pour les corps bruts, de scruter aussi loin que possible leurs propriétés élémentaires et d'en déterminer les expressions *quantitatives*, parce que, quand nous voudrons les incorporer dans des combinaisons ou des constructions de machines inertes, nous pourrons en calculer d'avance le rôle et les effets. Mais, pour les corps organisés, nous ne devons avoir d'autre but que d'expliquer leurs fonctions par la détermination *qualitative* de leurs propriétés, car nous ne pouvons pas créer la matière organisée, et fabriquer directement des organismes vivants, comme nous fabriquons des machines inertes. Il ne nous est donné de modifier l'organisation des êtres vivants qu'indirectement et par l'intermédiaire de la force organotrophique qui lui est propre. C'est donc sur elle que nous devons diriger nos recherches pour apprendre à connaître ses lois et à déterminer ses conditions d'activité, ce qui veut dire, en d'autres termes, que le problème de la physiologie ne consiste pas à rechercher dans les êtres vivants les lois physico-chimiques qui leur sont communes avec les corps bruts, mais à s'efforcer de trouver, au contraire, les lois organotrophiques ou vitales qui les caractérisent.

En résumé, ce qui importe au physiologiste expérimentateur, c'est de pouvoir diriger expérimentalement les phéno-

(1) Il est important sans doute de prouver que la contraction musculaire, par exemple, se ramène à des propriétés de contractilité ou d'élasticité de tissu dont on peut inscrire graphiquement les formes et déterminer mathématiquement les coefficients ainsi que les équivalents mécaniques. Il est intéressant de même de réduire les fonctions sécrétoires aux lois précises de la dialyse et de la diffusion. Cela prouve que les instruments organiques de l'être vivant peuvent fonctionner avec une égale précision et d'après les mêmes lois que les instruments mécaniques ou physiques inertes. Mais cette démonstration n'explique rien pour la fonction physiologique proprement dite. Ce qui importe surtout, c'est de savoir comment la fibre musculaire et la cellule sécrétoire engendrent leurs propriétés et entretiennent leurs fonctions. Pour cela, il faut savoir comment ces éléments naissent, se développent, se nourrissent et sous l'influence de quelles conditions ils manifestent leur activité. C'est seulement par le côté des phénomènes organogéniques ou organisateurs que le physiologiste pourra réellement comprendre et régler les fonctions physiologiques du corps vivant.

Pour étudier une fonction, il ne suffira donc pas de comparer ni d'assimiler son instrument fonctionnel organique à un instrument inorganique en le ramenant aux lois physico-chimiques ordinaires ; mais il faudra connaître, au contraire, les caractères propres et les conditions d'activité fonctionnelles spéciales de l'élément organique tel qu'il est dans l'être vivant.

mènes évolutifs de façon à modifier la nutrition de la matière organisée, afin d'arriver par là à changer plus ou moins la durée, l'intensité ou même la nature de ses propriétés vitales.

Nous avons déjà vu ailleurs que, dans l'état actuel de nos connaissances, les problèmes relatifs à l'action modificatrice de l'homme sur l'organisation des êtres vivants sont très-bornés, et ne sont encore que l'œuvre d'un grossier empirisme. Mais, ici comme partout, c'est l'observation empirique qui doit nous tracer la route scientifique. Nous pouvons donc conclure que la science parviendra certainement plus tard à éclairer les obscurités qui couvrent ces questions; mais, pour aujourd'hui, je ne puis que me borner à indiquer la direction dans laquelle il me semble que la physiologie doit porter ses efforts pour arriver à son but. Quand on marche dans une voie encore ténébreuse, c'est déjà quelque chose que de savoir de quel côté diriger ses pas.

CLAUDE BERNARD,
Membre de l'Institut de France et de la Société royale de Londres, Professeur au Collège de France et à la Sorbonne.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR) (1).

M. ED FRANKLAND (2)
(De la Société royale de Londres et de l'Institut de France).

Les eaux de Londres (3).

Un nouveau retour de l'épidémie la plus terrible à laquelle soit exposée le Londres moderne a ramené l'attention sur les sérieuses imperfections du système des eaux de notre ville. L'origine, les lois de la diffusion du choléra, sont certainement encore entourées d'une grande obscurité. Toutefois, l'expérience que nous avons acquise, pendant les quatre visites qu'il nous a faites, nous conduisent irrésistiblement à la conclusion que, bien que l'on n'ait pu imaginer aucun moyen préventif pour empêcher l'introduction de cette maladie dans un pays, le choléra cependant n'est jamais devenu épidémique que dans les endroits où l'eau est corrompue par les impuretés provenant des égouts. Ainsi la ville de Manchester, alimentée alors par des eaux impures, souffrit horriblement du choléra, en 1832 et en 1849; tandis qu'après l'introduction des eaux excellentes provenant des collines du Derbyshire, le retour de la maladie, en 1854 et l'année dernière, ne se manifesta dans cette ville que par quelques cas sporadiques, bien que sous d'autres rapports la ville de Manchester soit une des villes les plus malsaines de la Grande-Bretagne.

Le docteur Farr a prouvé que la violence de l'épidémie est aussi en proportion presque directe avec la quantité d'impuretés contenues dans l'eau. Ainsi il a démontré que, lors de l'épidémie de 1849, la mortalité par le choléra n'était que de 8 par 10 000 habitants; dans le quartier de Londres qui recevait de l'eau provenant de la Tamise, et puisée à Kew, de 17 par 10000 habitants, dans le quartier recevant de l'eau prise dans le fleuve à Hammersmith; et de 47 par 10 000, dans les quartiers de Belgravia, Saint-George's Hanover square, Chelsea et Westminster, recevant de l'eau prise dans la Tamise au-dessous de l'hôpital de Chelsea. Enfin, les populations prenant leur eau encore plus bas, c'est-à-dire à Battersea, et entre les ponts de Hungerford et de Waterloo, où le fleuve est le plus souillé, souffrirent encore bien davantage; la mortalité dans ces quartiers s'éleva à 163 par 10000 habitants. En 1854, la moitié de ces derniers quartiers était alimentée par de l'eau prise au-dessus de l'écluse de Teddington, et la mortalité ne fut plus alors que de 87 par 10 000 habitants : un peu plus de la moitié du chiffre de 1849; enfin, l'année dernière, alors que ces quartiers tout entiers étaient alimentés par de l'eau prise au-dessus de l'écluse de Teddington, la mortalité causée par le choléra fut seulement que de 8 par 10 000 habitants.

L'eau tirée de la Tamise, pour la consommation de Londres est aujourd'hui prise entièrement au-dessus de l'écluse de Teddington, et l'acte du parlement de 1852 en a rendu la filtration obligatoire. La mortalité comparativement minime causée par le choléra l'année dernière, dans les quartiers alimentés par l'eau de la Tamise, a prouvé la sagesse des règlements dont nous venons de parler : prise de l'eau à un point élevé du fleuve, filtration de ces eaux. Les quartiers de Londres qui ont le malheur de recevoir leur eau des réservoirs situés à Old Ford, réservoirs appartenant à la compagnie des eaux de l'est de Londres, ont eu, selon le Registrar-general (1), un sort bien différent. La soudaineté, et la violence du choléra dans l'est de Londres, l'été dernier, éveillèrent bientôt les soupçons du Registrar-general, qui me chargea de faire une enquête immédiate sur les eaux fournies par la compagnie de l'est de Londres. Je trouvai que le principal réservoir de Old Ford est situé tout près de la rivière Lea, qui ne vaut guère mieux qu'un égout ouvert. De plus ce réservoir est enfoncé de seize pieds au-dessous du terrain qui, dans cet endroit, est à peine supérieur au niveau des grandes marées; par conséquent, l'eau du réservoir est toujours au-dessous des marées moyennes. Je fis remarquer que des filtrations continuelles, provenant de l'horrible rivière voisine et du sol environnant saturé par les égouts, devaient se produire dans une semblable excavation, ayant une étendue de 6 hectares. Cette opinion a été confirmée par des investigations récentes, quand ce réservoir fut vidé, autant que possible, au moyen de pompes : car les infiltrations étaient si considérables qu'on ne put parvenir à l'épuiser entièrement. La mortalité dans le quartier de Londres alimenté par ces réservoirs fut effrayante; car, tandis que, dans les quartiers tirant leur eau d'autres sources, elle a varié de 2 à 12 par 10 000 habitants,

---

(1) Les lectures du vendredi soir de l'Institution royale de la Grande-Bretagne ont paru régulièrement dans les années précédentes de la *Revue des cours scientifiques*, et continueront à y paraître de même.

(2) Voyez dans la *Revue des cours scientifiques*, tome IV, page 81, numéro du 5 janvier 1867, une autre conférence de M. Franckland sur *les Sources chimiques de la force musculaire*.

(3) Voyez une conférence de M. A. Riche sur *les Eaux de Paris*, tome III, page 105, numéro 13, janvier 1866; — un travail de M. de Graeff sur *les Eaux de Saint-Étienne*, tome IV, page 127, numéro du 19 janvier 1867; — un travail du P. Secchi sur *les Eaux de la campagne romaine*, tome IV, page 767, numéro du 26 octobre 1867.

(1) Le « Registrar-general », est un officier public dont l'équivalent n'existe pas en France. Cet officier est chargé de faire le relevé des mariages, des naissances et des décès dans toute la Grande-Bretagne. Le relevé des naissances et des décès est publié chaque semaine dans les journaux de Londres. Ce relevé indique, en outre, le nombre des décès causés par les maladies épidémiques, et contient un tableau comparatif du nombre des décès dans toutes les principales villes de la Grande-Bretagne et de l'Europe, à l'exception toutefois de la ville de Paris, les autorités municipales de cette ville n'ayant pas voulu lui communiquer ce relevé. (*Note du traducteur.*)

elle s'est élevée de 63 à 111 par 10 000 habitants dans les quartiers tirant leur eau de Old Ford.

État actuel de l'alimentation des eaux à Londres. — Londres est actuellement pourvu d'eau par neuf compagnies qui lui fournissent journellement 490 909 mètres cubes. On peut se faire une idée de l'immensité de cette alimentation en comparant ce volume à quelque grandeur connue. Si ce volume d'eau était contenu dans un réservoir ayant une superficie égale à celle de Westminster-Hall (16 105 pieds carrés), il faudrait en élever les murs à une hauteur de mille soixante-dix pieds, ou plus de trois fois la hauteur de la tour de Victoria, pour que ce réservoir puisse contenir l'eau distribuée chaque jour à la ville de Londres. Cinq de ces compagnies tirant leur eau (à peu près 250 000 mètres cubes) de la Tamise; deux autres enlèvent environ 190 000 mètres cubes à la rivière Lea, et le reste est pompé par les deux autres compagnies (la compagnie de Kent et celle de l'Essex sud) dans des puits creusés dans la craie du bassin de la Tamise. Tel est le volume actuel de l'eau fournie chaque jour à Londres et à ses faubourgs. Il est difficile d'estimer le volume d'eau qui sera nécessaire dans vingt ans; si l'augmentation annuelle constatée depuis 1850 se continue, 700 000 mètres cubes par jour seront au moins nécessaires, car en 1850, la quantité d'eau quotidienne n'était que de 200 000 mètres cubes; en 1856, on atteignit 370 000 mètres cubes, et en 1865, 491 000 mètres cubes.

Projets relatifs aux eaux de Londres. — Malgré tous les efforts des compagnies, l'alimentation actuelle de Londres est loin d'être satisfaisante ; cet état de choses dépend en grande partie de causes sur lesquelles les personnes chargées de fournir de l'eau à la ville n'ont aucun contrôle. Aussi propose-t-on, soit de changer entièrement la provenance de ces eaux, de façon à obtenir de l'eau plus pure qu'on n'en pourrait trouver dans les environs de Londres; soit de modifier complétement les conditions qui affectent aujourd'hui les eaux de la Tamise, de façon à améliorer leur qualité. Cinq projets ont été récemment publiés :

1° Amener les sources de la rivière Severn ; projet proposé par M. Bateman.

2° Amener les eaux des lacs du Cumberland, projet proposé par MM. Hemans et Hassard.

3° Filtrer les eaux de la Tamise à travers les sables de Bagshot; proposé par M. Telford Macneill.

4° Établissement de réservoirs près des sources de la Tamise; proposé par M. Bailey Denton.

5° Amener les eaux des collines du Derbyshire et du Staffordshire; proposé par M. Remington.

Les trois derniers projets ne sont pas encore assez complets pour que nous puissions les discuter au point de vue chimique; nous nous occuperons donc seulement des deux premiers.

Projet de M. Bateman. — M. Bateman propose d'aller chercher l'eau nécessaire à la consommation de Londres dans les chaînes de montagnes de Cader Idris et de Plynlimmon, au nord du comté de Galles, chaînes où se trouvent les principales sources de la rivière Severn. Ces montagnes, baignées par l'air humide qu'amènent de l'Atlantique les vents presque constants du sud-ouest, reçoivent une moyenne de soixante-dix à cent cinquante pouces de pluie par an. Nous mettrions donc à profit un immense appareil naturel de distillation, appareil très-actif et produisant de l'eau d'une grande pureté. Ces montagnes du pays de Galles sont de formation silurienne et produisent de l'eau aussi pure que celle du lac Katrine, en Écosse; en outre, elles présentent des sites favorables à l'établissement de magnifiques réservoirs, qu'on pourrait construire facilement, et d'une grandeur assez considérable, non-seulement pour recueillir toute la masse d'eau tombant annuellement sous forme de pluie, mais encore pour subvenir aux besoins de Londres et des compensations nécessaires sur le cours de la rivière actuelle pendant cent quarante à cent cinquante jours de sécheresse. L'un de ces districts, ayant une superficie de 66 000 acres (1 acre = hectare 0,40467), est situé un peu à l'orient de la chaîne de montagnes dont Cader Idris et Aran Mowddy sont les principaux sommets, et où sont placées les sources des rivières Banw et Vyrnwy. L'autre district, présentant une superficie à peu près égale, est situé immédiatement à l'est du Plynlimmon, qui atteint une hauteur de deux mille cinq cents pieds. Les tuyaux d'écoulement du réservoir le moins élevé dans chacun de ces districts seraient situés à une élévation d'environ quatre cent cinquante pieds au-dessus du niveau de la marée haute à Londres. Deux aqueducs séparés, l'un de 19 milles et l'autre de 21 milles et demi de longueur, conduiraient les eaux de ces réservoirs à un point de réunion auprès de Martin-Mère; à partir de cet endroit un seul aqueduc mènerait le volume total de ces eaux sur les hauteurs qui dominent Stanmore, où seraient construits d'immenses réservoirs à une élévation d'au moins deux cent cinquante pieds au-dessus du niveau de la marée haute à Londres. L'eau sortant de ces réservoirs arriverait dans Londres avec une forte pression, et serait distribuée d'après le système de l'approvisionnement constant. La distance totale des réservoirs sur la rivière Severn jusqu'à Londres serait de 183 milles. Un des réservoirs sur la rivière Vyrnwy formerait, au moyen d'une digue de soixante-seize pieds de haut, un lac de 5 milles de longueur, et contiendrait 1 089 000 000 de pieds cubes. Un autre, sur la rivière Banw, au moyen d'une digue de 80 pieds de haut, formerait un lac de 4 milles de longueur, et contiendrait 940 000 000 de pieds cubes ; enfin un troisième, au moyen d'une digue de la même hauteur, contiendrait 732 000 000 de pieds cubes. Parmi les réservoirs près de la rivière Severn, il y en aurait un qui, au moyen d'une digue de 75 pieds de hauteur, contiendrait 2 230 000 000 de pieds cubes; ce seul réservoir contiendrait 50 pour 100 plus d'eau que celle que l'on peut employer dans le lac Katrine. M. Bateman estime que pour se procurer 100 000 mètres cubes par jour, les dépenses s'élèveraient à 10 850 000 livres sterling (271 250 000 francs). Il calcule, en outre, qu'on pourrait payer l'intérêt de cette somme, entretenir les travaux, etc., au moyen d'un impôt mobilier de 10 deniers (1 franc) par livre sterling de loyer, et un impôt public de 2 deniers (20 centimes) par livre sterling. La redevance payée actuellement aux compagnies d'eaux de Londres est beaucoup plus élevée, car elle se monte à peu près à 1 schilling 5 pence (1 franc 75 centimes) par livre sterling. La surface totale drainée, dans le projet de M. Bateman, est estimée à 204 milles carrés.

Projet de MM. Hemans et Hassard. — Ce projet met à contribution la magnifique surface des montagnes du Cumberland et du Westmoreland, où, comme le savent trop bien les touristes, un jour sans pluie est une exception. La surface drainée serait de 177 milles carrés, qui reçoivent annuellement une moyenne de 100,56 pouces d'eau sous forme de pluie. Les

districts où ils proposent de prendre l'eau se trouvent sur les versants septentrionaux des collines qui s'élèvent au-dessus de Grassmere, de Windermere et de Kendal, dont les eaux forment aujourd'hui les rivières Lowther et Greta, et les lacs Haweswater, Ullswater et Thirlmere. Ce projet présenterait l'avantage de réservoirs naturels, qui cependant devraient être agrandis au moyen de digues; mais ces avantages naturels sont contrebalancés par une plus grande longueur de conduites (280 milles), et par la nécessité de plusieurs tunnels dont deux seraient fort longs, l'un devant avoir 7 milles et un quart et l'autre 8 milles. La quantité d'eau amenée à Londres serait de 1136000 mètres cubes par jour ; les dépenses sont évaluées à 13500000 livres sterling (337500000 francs). L'intérêt de ce capital, l'entretien, etc., les indemnités à allouer aux compagnies actuelles seraient couverts par un impôt mobilier de 1 schilling 1 penny par livre sterling.

Au point de vue chimique, il est en ce moment tout à fait impossible de donner la préférence à l'un ou l'autre de ces magnifiques projets, bien dignes tous deux de la dernière moitié de ce siècle qui a vu tant de triomphes industriels, bien dignes aussi de la grande ville en vue de laquelle ils sont imaginés. Toutefois avant d'apprécier quels seraient les avantages d'aussi magnifiques entreprises, il faut examiner quelle est la qualité chimique de notre eau actuelle, pour pouvoir la comparer à celle que nous obtiendrions de ces nouvelles sources.

Qualité des eaux amenées actuellement à Londres. — On ne trouve jamais dans la nature de l'eau absolument pure. Outre les impuretés suspendues mécaniquement dans l'eau et dont on peut la débarrasser en grande partie par le filtrage, les eaux potables contiennent aussi différentes substances solides en solution. Ces substances restent sous forme de résidu solide quand on évapore ces eaux jusqu'à siccité. Les chimistes classent ordinairement ces substances dans les trois divisions suivantes :

1° Substances expulsées quand le résidu solide est chauffé au rouge au contact de l'air.

2° Substances qui, à la chaleur rouge, ne sont pas expulsées et qui décomposent le savon.

3° Substances qui, à la chaleur rouge, ne sont pas expulsées et qui ne décomposent pas le savon.

I. — Les substances de la première division consistent en :

a. Matières organiques.

b. Produits de la décomposition de certains sels minéraux, principalement des azotites et des azotates.

Autrefois les sels ammoniacaux, une certaine quantité d'humidité et même l'acide hydrochlorique se trouvaient au nombre des produits expulsés par l'ignition; mais depuis l'adoption du système proposé par Hofmann en 1851, système qui consiste à ajouter à l'eau, avant l'évaporation, un poids connu de carbonate de soude, ces substances sont exclues du groupe numéro 1; il est important d'avoir ce fait présent à l'esprit quand on compare les analyses faites avant 1851 avec celles faites depuis cette année. Toutefois, malgré le caractère plus défini donné ainsi aux substances expulsées par l'ignition, il est encore difficile d'expliquer la signification de cette perte. Elle peut provenir entièrement de matières organiques; que dis-je, il peut même y avoir plus de matières organiques dans le résidu solide qu'il n'en est indiqué par la perte totale dans l'ignition, fait que j'ai récemment eu occasion d'observer; ou bien encore elle peut provenir de la disparition de substances minérales, résultat de la décomposition de substances organiques antérieurement existantes. Quand cette perte est considérable, elle fait soupçonner le caractère de l'eau et elle indique, soit la présence de substances organiques, animales ou végétales, soit une pollution antérieure par des détritus d'égout ou de substances animale en décomposition. Cette détermination analytique est donc entourée d'une grande incertitude, et on l'a considérée à juste titre comme fort peu satisfaisante. Aussi a-t-on essayé d'indiquer directement ou indirectement, au moyen du permanganate de potasse, la quotité de véritables matières organiques comprises dans cette perte par l'ignition. Le permanganate de potasse dissous dans l'eau abandonne facilement son oxygène à bien des substances capables de se combiner avec cet élément. Ainsi, si on l'ajoute à de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, et contenant de l'acide oxalique en solution, ce dernier est entièrement et rapidement converti en acide carbonique et en eau aux dépens de l'oxygène provenant du permanganate. On trouve alors que huit parties en poids de l'acide oxalique ont soustrait presque exactement, pour s'oxyder ainsi, une partie en poids d'oxygène au permanganate; ce dernier se convertit en sulfate de manganèse. En subissant ce changement chimique, la riche couleur violette de la solution de permanganate de potasse disparaît ; il est donc facile de savoir, par la non-disparition de la teinte caractéristique du permanganate, quand l'oxydation de l'acide oxalique est complète. Or, une semblable disparition de couleur se produit quand on ajoute une solution de permanganate de potasse à de l'eau potable acidulée et contenant des substances organiques. Partant de ce fait, on a pensé que, de même que dans le cas de l'acide oxalique, les matières organiques contenues dans l'eau sont complétement oxydées par le permanganate, ce qui indiquerait ainsi la quantité d'oxygène nécessaire pour cette oxydation. Le docteur Letheby a même employé cette réaction pour estimer le *poids réel* des matières organiques contenues dans un volume d'eau connu, se basant sur ce que tous les huit grains de substance organique contenue dans un volume d'eau enlèvent un grain d'oxygène à la solution de permanganate. Une semblable méthode pour arriver à déterminer la quantité exacte de matière organique contenue dans une eau, ou même la quantité d'oxygène nécessaire pour convertir cette matière organique en ses produits minéraux définitifs d'oxydation, une telle méthode, dis-je, serait précieuse à cause de l'extrême facilité de son emploi. Aussi n'est-ce pas sans un certain regret qu'après avoir employé ce procédé pendant bien des mois, j'ai remarqué des symptômes évidents du peu de confiance qu'il fallait avoir dans ses résultats, symptômes qui se sont amplement confirmés quand j'ai mis cette méthode à l'épreuve de rigoureuses expériences. En ajoutant des poids connus de différentes substances organiques à des volumes égaux d'eau distillée pure, j'obtins une eau artificiellement corrompue par une proportion connue de chaque sorte de substance organique. Chaque échantillon d'eau ainsi obtenu contenait trois parties de matière organique dans 100 000 parties d'eau. Je recherchai alors : 1° la quantité d'oxygène que cette matière organique enlevait au permanganate de potasse ; et 2° partant du principe que huit parties en poids de matière organique enlèvent une partie en poids d'oxygène au permanganate de potasse, je calculai quelle devait être la quantité de matière organique existant

dans l'eau. Je fis la même expérience sur un autre échantillon d'eau distillée, d'où j'exclus avec soin toute trace de matière organique, mais dans laquelle j'ajoutai trois parties de nitrite de soude par 100 000 parties d'eau. Vous comprendrez toute l'importance de cette dernière expérience quand vous saurez que les eaux de Londres contiennent presque toutes du nitrite de soude. Je déterminai la quantité d'oxygène absorbée pendant deux périodes différentes de temps, savoir : 1° pendant une période à la fin de laquelle l'eau acidulée et contenant des substances organiques gardait la teinte du permanganate pendant dix minutes après l'addition de ce dernier ; 2° pendant une période de six heures, avec un excès continuel de permanganate.

Le tableau suivant contient les résultats de ces expériences comparés à la quantité connue de matière organique présente et à la quantité connue d'oxygène que cette substance organique exigerait pour son oxydation complète.

dans l'eau, il n'en est pas moins un agent utile comme essai qualitatif quand on ne peut faire une analyse complète. Ainsi, si une eau claire et incolore décolore une grande quantité de la solution de permanganate, on doit rejeter cette eau des usages domestiques, comme étant d'une qualité *douteuse*. Car, bien que cette eau puisse ne contenir absolument aucune impureté organique, cependant, son action décolorante sur le permanganate indique presque certainement que l'eau a été en contact avec des matières animales en décomposition. Si au contraire l'eau, au lieu d'être incolore, a une teinte jaune ou brun jaunâtre, quand on en regarde une couche assez considérable, une carafe d'un litre de contenance, par exemple, le fait que cette eau décolore une quantité considérable d'une solution de permanganate de potasse ne doit pas exciter les mêmes soupçons que dans l'autre cas, parce que la teinte jaune de ces eaux provient ordinairement de la présence de matières tourbeuses, qui, bien qu'innoffensives, ont le pouvoir de décolorer le permanganate de potasse.

1 NOM DE LA SUBSTANCE DONT TROIS PARTIES étaient contenues dans 100 000 parties d'eau.	2 OXYGÈNE ABSORBÉ en 10 minutes. (Expérience.)	3 OXYGÈNE ABSORBÉ en 6 heures. (Expérience.)	4 OXYGÈNE NÉCESSAIRE pour oxyder la substance organique. (Calculé.)	5 QUANTITÉ de matière organique présente (calculé d'après la colonne n° 2).	6 QUANTITÉ de matière organique présente. (Calculé d'après la colonne n° 3.)	7 QUANTITÉ de matière organique réellement présente.
Gomme arabique	0,0102	0,0350	3,55	0,082	0,280	3,0
Sucre de canne	0,0064	0,0152	3,37	0,051	0,111	3,0
Amidon	0,0143	0,0302	3,55	0,114	0,241	3,0
Gélatine	0,0792	0,1836	6,76	0,634	1,469	3,0
Créatine	0,0080	0,0172	6,59	0,064	0,138	3,0
Alcool	0,0093	0,0164	6,26	0,074	0,131	3,0
Urée	0,0092	0,0119	6,40	0,074	0,095	3,0
Acide hippurique	0,0328	0,0600	5,90	0,262	0,480	3,0
Acide oxalique (cristallisé)	0,3747	0,3750	0,38	2,998	3,000	3,0
Nitrite de soude	0,6910	0,6913	0,00	5,528	5,530	0,0

On verra, d'après ce tableau, que, sur les neuf sortes de substances organiques employées dans ces expériences, une seule a été complétement oxydée par le permanganate de potasse, et cela après un délai de six heures ; tandis qu'on remarquera aussi que l'urée, l'acide hippurique et la créatine, trois substances organiques qui très-probablement se trouvent dans de l'eau souillée par les infiltrations des égouts, présentent une oxydation qui, dans les conditions les plus favorables, n'atteint que le $\frac{1}{17}$ de l'oxydation complète. Si nous essayons de calculer, d'après la quantité d'oxygène ainsi absorbée, la quantité de ces substances existant dans l'eau, au lieu de trouver trois parties de chacune par 100 000 parties d'eau, nous ne trouverons que 0,138 parties de créatine, 0,095 parties d'urée, et 0,480 parties d'acide hippurique. D'un autre côté, le sel minéral, le nitrite de soude, poids pour poids, surpasse tous les genres de matière organique essayée par l'avidité avec laquelle il absorbe l'oxygène ; et trois parties de cette substance inorganique dans 100 000 parties d'eau indiqueraient, d'après le calcul rappelé ci-dessus, 5 1/2 parties de substances organiques. Il est donc évident que le permanganate de potasse est un réactif trompeur quand il s'agit d'estimer la quantité de matière organique existant dans l'eau, ou la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder cette matière organique. Toutefois, si ce réactif est inutile quant à l'estimation quantitative de la matière organique en suspension

Je me suis ainsi convaincu des résultats erronés produits par le procédé d'analyse au permanganate de potasse ; et, comme il n'y a pas d'autre méthode qui permette d'estimer, même approximativement, la quantité de matières organiques contenues dans l'eau, je cherche depuis quelques mois, avec mon élève M. Armstrong, à remédier à cette grave imperfection des méthodes d'analyse de l'eau. Nous sommes enfin parvenus à remplacer le groupe si peu satisfaisant « substances organiques et autres, substances volatiles », par certaines déterminations précises et définies qui jettent une grande lumière sur la condition actuelle et l'histoire antérieure de l'eau soumise à l'analyse.

Les deux points les plus importants à examiner quand il s'agit d'eau destinée aux usages domestiques sont : premièrement la quantité et le caractère des substances organiques existant dans l'eau au moment de l'analyse ; et secondement le plus ou moins de dureté de l'eau, c'est-à-dire la quantité de matières décomposant le savon que contient cette eau. Malheureusement on ne peut pas répondre directement à la première de ces questions ; mais nous avons imaginé des procédés qui nous permettent de déterminer avec beaucoup de précision la quantité existant dans l'eau des deux éléments les plus importants de la matière organique, le carbone e

l'azote. Pour atteindre ce but, les opérations suivantes sont nécessaires :

1° Détermination du carbone contenu dans la matière organique. Pour distinguer ce carbone de celui qui est contenu dans les carbonates minéraux en dissolution dans la plupart des eaux, je l'appelle *carbone organique*.

2° Détermination de la quantité totale d'azote combiné. Cet azote peut exister dans l'eau, sous une ou plusieurs des trois formes suivantes: — *a*, comme élément constitutif de la matière organique, — c'est ce que j'appelle l'*azote organique;* — *b*, comme élément constitutif des azotites ou des azotates minéraux ; — *c*, comme élément constitutif de l'ammoniaque.

3° Détermination de l'azote existant sous forme d'azotites ou d'azotates.

4° Détermination de l'ammoniaque.

5° Supputation de la quantité d'azote organique. On comprendra sans peine que c'est là une opération fort simple, car si de la somme totale d'azote combiné (détermination n° 2), on déduit le montant de l'azote présent sous forme d'azotites et d'azotates (détermination n° 3), plus le montant de l'azote présent dans l'ammoniaque (détermination n° 4), le restant sera le montant de l'azote organique.

Je décrirai tout à l'heure les méthodes par lesquelles on arrive à faire ces déterminations.

Les matières organiques contenant de l'azote et qui se trouvent à l'état de dissolution dans l'eau ont principalement, sinon entièrement, une origine animale et proviennent, soit des égoûts, soit des terrains fumés. Mais, que leur origine soit animale ou végétale, on ne peut faire aucune distinction entre leurs propriétés nuisibles. Après s'être mêlées à l'eau de source ou à l'eau de rivière, ces matières organiques nuisibles subissent une lente oxydation, qui finit par les transformer en composés minéraux comparativement inoffensifs. Leur carbone se convertit en acide carbonique et leur hydrogène en eau ; alors on ne peut plus reconnaître ces produits dans les eaux de source ou de rivière ayant séjourné à l'air ; mais l'azote se convertit en acide azoteux ou en acide azotique qui, se combinant avec les bases contenues dans la plupart des eaux, restent en dissolution et indiquent les impuretés que l'eau a contenues. La détermination analytique de l'azote contenu dans ces sels et existant sous la forme d'ammoniaque constitue, avec certaines corrections dont nous allons parler tout à l'heure, l'histoire de l'eau par rapport à son contact avec des matières animales en décomposition. On peut, pour plus de commodité, exprimer cette *pollution organique antérieure* en parties d'eau filtrée des égouts de Londres (1), laquelle eau, si elle était ainsi complétement oxydée dans une rivière, produirait une quantité semblable d'azote, sous forme d'azotites, d'azotates et d'ammoniaque. Dans ce but et en prenant pour base les nombreuses analyses de Way, de Hofmann et de Witt, on peut considérer que la moyenne de l'eau filtrée provenant des égouts de Londres contient 10 parties d'azote combiné dans 100 000 parties d'eau. Le chiffre ainsi obtenu comme représentant la *pollution antérieure* d'une eau exige cependant une correction, puisque l'eau de pluie elle-même contient de l'azote combiné, sous forme d'ammoniaque, d'azotite d'ammoniaque et d'azotate d'ammoniaque. MM. Lawes et Gilbert d'une part, M. Way d'autre part, par une série laborieuse d'analyses mensuelles s'étendant sur une période de deux ans, ont déterminé avec soin, chacun de leur côté, la quantité de ces substances existant dans la pluie qui tombe à Rothampstead. Les résultats obtenus par ces chimistes concordent entre eux, et donnent, comme quantité moyenne d'azote, — existant à la fois sous forme d'ammoniaque, d'azotite d'ammoniaque et d'azotate d'ammoniaque, — 0,0985 parties dans 100 000 parties d'eau de pluie. Nous devons donc déduire ce nombre du chiffre calculé de pollution antérieure dans un échantillon d'eau quel qu'il soit. Il correspond à 985 parties de pollution antérieure dans 100 000 parties d'eau. Il n'y a aucun doute que cette réduction ne soit trop considérable et par conséquent favorable à la qualité de l'eau, puisque, dans la plupart des cas, une bien petite proportion de l'eau d'une rivière ou d'une source tombe directement comme pluie dans le courant ; et M. Way a prouvé que presque tout l'ammoniaque contenu dans l'eau de pluie est absorbé quand l'eau traverse des terrains cultivés. Or, comme les trois quarts de l'azote combiné existant dans l'eau de pluie s'y trouve sous forme d'ammoniaque, il est évident que cette eau doit être privée de son azote quand elle atteint un fleuve tel que la Tamise (1). La très-petite quantité d'azote combiné trouvée dans ces eaux naturelles très-pures, telles que celles du lac Katrine, par exemple, prouve aussi la libéralité du chiffre indiqué. L'eau du lac Katrine ne contient qu'un tiers d'azote combiné de plus que l'eau de pluie de Rothampstead ; de telle sorte que, partant de la base de pureté ci-dessus proposée, l'eau du lac Katrine indique une pollution antérieure *négative* égale à 575 parties dans 100 000 ; ou, en autres termes, il faudrait ajouter à l'eau du lac Katrine et y laisser s'oxyder 575 parties d'eau provenant des égouts de Londres par chaque 100 000 parties, avant que sa pureté ne soit réduite au type auquel je me propose de comparer les eaux de Londres Toutefois, nous devons remarquer ici que les pluies, étant beaucoup plus fréquentes dans les montagnes de l'Écosse, l'eau de pluie de ce district contient probablement moins d'azote combiné que celle qui tombe à Rothampstead.

Les matières organiques azotées qui ont échappé à l'oxydation ci-dessus décrite et qui, par conséquent, existent encore dans l'eau au moment où se fait l'analyse, constituent ce qu'on pourrait justement appeler la *pollution organique actuelle* de l'eau. L'existence de cette pollution est prouvée par la présence d'azote organique dans l'eau, et la quantité peut en être exprimée par le nombre des parties d'eau d'égouts filtrée (de la force indiquée plus haut), qui, si elles étaient contenues dans 100 000 parties d'eau pure, communiqueraient à cette dernière la même quantité d'azote combiné. En opérant sur un litre d'eau pour la détermination de la quantité totale d'azote combiné, on peut reconnaître avec certitude la présence de 1 pour 100 d'eaux vannes ; mais

(1) Les eaux des égouts de Londres sont plus corrompues que les eaux des égouts de Paris, car, outre les eaux ménagères, de lavage, d'opérations industrielles, etc., les égouts de Londres reçoivent en outre les produits des fosses d'aisances, c'est-à-dire les eaux vannes. Le mot anglais *sewage* indique cette origine multiple des égouts de Londres, et les diverses matières insalubres qu'ils contiennent. Dans la suite de cette conférence, nous le traduirons indifféremment par eaux provenant des égouts et par eaux vannes, en prévenant, une fois pour toutes, le lecteur de la nature complexe de ces eaux.

(1) Le nombre 985 a été remplacé depuis par le nombre 320, déduit des analyses de 40 échantillons d'eaux de source du pays de Galles et du Cumberland. — Ed. F. (*Note du 26 novembre 1867.*)

dans des opérations faites sur une si petite quantité d'eau, une proportion inférieure à celle-là doit être négligée, car elle reste dans les limites possibles des erreurs d'expérience. Ainsi, dans la table des résultats analytiques donnée plus loin, les indications d'azote organique, et par conséquent de pollution actuelle, se montant au maximum à un demi pour 100, doivent être rejetées, parce que le total de l'azote combiné ayant été déterminé dans un litre de chaque échantillon d'eau, le montant de pollution actuelle indiquée par l'analyse ne dépasse pas les limites des erreurs dans les expériences possibles. La table donnée plus loin des résultats obtenus par l'analyse des eaux de Londres en février et en mars de cette année prouve, par conséquent, qu'aucune de ces eaux ne contenait 1 pour 100 de pollution actuelle. On peut rendre plus certaine cette recherche dans une eau des matières organiques non oxydées ou de leur équivalent, en opérant sur un volume d'eau plus considérable, parce qu'ainsi l'erreur expérimentale possible se réduit proportionnellement. Ainsi, si l'on emploie 10 litres d'eau pour déterminer la quantité totale d'azote combiné, on peut reconnaître avec certitude un dixième pour 100 de pollution actuelle. Cette opération a été faite sur 10 litres d'eau de la Tamise fournie par la compagnie Grand Junction, et recueillie pendant le mois de mars; il est satisfaisant d'avoir à ajouter que cette analyse minutieuse n'a indiqué aucune pollution actuelle; par conséquent l'échantillon fourni par cette compagnie ne contenait pas $\frac{1}{1000}$ de son volume d'eaux vannes non oxydées. Ce doit être une consolation pour les buveurs d'eau de la Tamise de savoir que, bien que, selon M. Bateman, la population du bassin de la Tamise située au-dessus du point où l'on prend l'eau pour l'amener à Londres, excède 1 million de personnes, sur lesquelles 600 000 au moins déversent leurs égouts dans la Tamise, toutes ces matières fécales sont si complétement oxydées avant d'arriver aux citernes de Londres, qu'il est impossible d'en découvrir aucune trace qui soit restée à l'état nuisible ou non oxydé. Si le courant moyen de la Tamise, immédiatement au-dessus du point où les compagnies de Londres prennent leur eau, est estimé à 3 640 000 de mètres cubes par jour, le produit des égouts de 600 000 personnes devrait produire une pollution de 2250 parties dans 100 000. On peut à peine s'attendre à ce que ce chiffre calculé approche de celui qu'on a obtenu par l'analyse de l'eau de la Tamise, puisque ce dernier chiffre dépend de bien des circonstances, par exemple du volume d'eau qui passait réellement aux points de prises d'eau au moment où les compagnies prenaient l'eau qui a été analysée, et secondement de la plus ou moins grande rétention des matières fécales dans les égouts qui viennent se jeter dans le fleuve. Il est cependant intéressant de trouver que la pollution de l'eau de la Tamise par les égouts, telle qu'elle a été déterminée par l'analyse, ne diffère pas beaucoup de celle qu'on a calculée d'après les données ci-dessus. La table analytique donnée plus loin prouve que la pollution moyenne antérieure de l'eau fournie par les cinq compagnies tirant leur eau de la Tamise a été, pendant les mois de février et mars 1867, de 2466 parties par 100 000 d'eau, et le chiffre calculé d'après le nombre de personnes déversant leurs égouts dans le fleuve est, comme nous venons de le dire, 2250 parties par 100 000 d'eau. A mesure que l'été s'avance et que la végétation aquatique devient plus vigoureuse dans le lit de la Tamise et de ses affluents, cette coïncidence de résultats calculés et de résultats analytiques tend sans doute à disparaître; car les plantes aquatiques doivent enlever à l'eau une certaine quantité d'azotates et d'azotites, et diminuer ainsi la quantité d'azote combiné et conséquemment de pollution antérieure, telle qu'elle est déterminée par l'analyse.

II. — Nous avons dit plus haut que la seconde classe importante d'impuretés contenues dans l'eau employée aux usages domestiques consiste en certains sels minéraux qui ont le pouvoir de décomposer le savon. Ces substances sont les éléments constitutifs des eaux dures. Au point de vue purement sanitaire, elles ont une importance moins directe que les impuretés organiques; cependant, comme elles rendent difficiles les ablutions efficaces et une propreté parfaite, elles affectent sans doute indirectement la santé des personnes qui emploient les eaux où ces substances se trouvent en quantité trop considérable. Les substances qui donnent de la dureté aux eaux potables sont ordinairement des sels de chaux et de magnésie. Ces sels décomposent le savon en formant des composés insolubles contenant les acides gras du savon, avec la chaux, et la magnésie des sels. Aussi longtemps que cette décomposition se continue, le savon ne produit aucune mousse dans l'eau et reste inutile comme détergent. Quand tous les sels de chaux et de magnésie ont été décomposés par l'action du savon, la plus petite addition de ce dernier suffit pour produire de la mousse quand l'eau est agitée; mais cette mousse se trouve détruite si l'on ajoute une nouvelle quantité d'eau dure. Ainsi l'addition d'eau dure dans une solution de savon, ou l'opération inverse de celle-là, entraîne la production de la matière insoluble ci-dessus décrite. Si l'on a ces faits présents à l'esprit, il est facile de comprendre ce qui se passe quand on se lave avec du savon et de l'eau dure; le voici en quelques mots : 1° on se mouille la peau avec l'eau, puis on applique le savon; le savon décompose rapidement tous les sels contenus dans la petite quantité d'eau qui couvre la peau, et il se forme une forte solution de savon qui pénètre dans les pores de la peau. C'est là ce qui se produit quand on se couvre de mousse de savon. Or il faut enlever cette mousse de la peau. Comment le faire? Il n'y a que deux moyens, savoir : l'essuyer avec une serviette ou l'enlever avec de l'eau. Dans le premier cas les pores de la peau se remplissent de solution de savon; dans le second les pores sont obstrués par la matière graisseuse insoluble qui résulte de l'action de l'eau dure sur la solution de savon. Comme ce dernier moyen est universellement adopté, on peut dire que l'opération du lavage avec du savon et de l'eau dure est parfaitement analogue à celle d'un teinturier ou d'un imprimeur sur étoffe, quand il désire fixer un pigment dans les pores d'un tissu. Il introduit d'abord, dans les tubes de la fibre du calicot par exemple, un liquide contenant un des ingrédients nécessaires à la formation du pigment insoluble; puis il le fait suivre par un autre liquide contenant les autres ingrédients nécessaires : le pigment insoluble est ainsi produit à l'intérieur même des tubes de la fibre de coton, et se trouve emprisonné de telle sorte qu'il est impossible de l'enlever par le lavage (1). Ainsi, se laver avec de l'eau dure et du savon équivaut absolument à se teindre la peau avec les sels blancs insolubles graisseux des acides gras contenus dans le savon. Les pores de la peau en sont obstrués, et ce n'est que parce que

(1) Voyez dans la *Revue des cours scientifiques*, tome III, page 369, n° du 5 mai 1866, une conférence de M. de Luynes sur *la teinture*.

le pigment insoluble ainsi produit est blanc que l'on tolère une opération aussi répulsive. Cependant les personnes qui sont habituées à se laver avec de l'eau douce ressentent longtemps les effets désagréables produits sur la peau par un lavage à l'eau dure.

Néanmoins les opinions diffèrent quant aux avantages que présente l'eau douce sur l'eau dure; quelques personnes pensent que l'eau dure est nécessaire pour former la matière calcaire des os; d'autres croient que l'eau douce attaque tout particulièrement et dissout le plomb des tuyaux qui la conduisent, ou des citernes dans lesquelles elle est emmagasinée.

Si le temps que je puis consacrer à cette lecture me permettait une semblable digression, le seul examen des motifs sur lesquels se basent ces opinions suffirait à les réfuter complétement; mais limité par l'heure, je dois me contenter d'une simple allusion à un ou deux faits relatifs à ces opinions. Et d'abord, l'utilité de l'eau dure pour former la matière calcaire des os. Si l'on estime qu'un homme boit chaque jour 2 litres d'eau de la Tamise, il se trouve avoir pris 2 décigrammes de chaux, principalement sous la forme de craie. Ceci ne fait que 73 grammes par an, ce qui ne semble pas être une addition bien considérable à la matière osseuse. Supposons si l'on veut que l'emploi de cette eau soit discontinuée, et qu'aucune partie n'en soit remplacée par de la bière amère qui, sous un volume donné, contient toujours beaucoup plus de chaux que l'eau de la Tamise; mais il nous sera permis aussi de supposer que cet individu consomme $\frac{1}{7}$ litre de lait par jour, et dans cette quantité de lait il prend plus de chaux qu'il n'en prendrait en buvant 2 litres d'eau de la Tamise. Arrivons à l'opinion prédominante que l'eau douce attaque et dissout le plomb, et se charge ainsi de matières toxique. Il n'est nullement vrai, en règle générale, que l'eau douce attaque et dissolve ce métal. L'eau très-douce du lac Ness amenée à Inverness n'attaque pas le plomb, comme le prouve l'état des tuyaux de plomb que j'ai sur cette table, et dans lesquels cette eau a coulé six ans. L'eau douce du lac d'Ennerdale, amenée à Whitehaven, n'attaque pas non plus le plomb, mêmes les eaux douces qui attaquent le plomb, telles que les eaux amenées à Glasgow et à Manchester, n'exercent cette influence que si la surface du plomb est brillante. D'ailleurs cette action cesse bientôt; aussitôt que la surface du métal se ternit, les tuyaux sont protégés contre une action ultérieure; pendant ces dix dernières années, on n'a en effet entendu parler d'aucun cas d'empoisonnement par le plomb dans ces grandes villes de Glascow et de Manchester dont l'alimentation se fait au moyen de tuyaux de plomb. Enfin, un échantillon d'eau très-douce, pris dans une des sources que l'on propose d'amener à Londres, n'a aucune influence, même sur le plomb brillant. Malgré les nombreuses recherches faites à ce sujet, on n'est pas arrivé à établir les vraies causes de cette altération de l'eau par le plomb. Un fait seul semble prouvé, c'est qu'une des conditions essentielles à cette action est la présence de l'oxygène et l'absence relative d'acide carbonique dans les gaz dissous au sein de l'eau. MM. Graham, Miller et Hofmann, dans leur rapport sur les eaux de Londres, en 1851, ont été les premiers à établir que l'acide carbonique, quand il est dissous dans l'eau, protége complétement le plomb, et une série d'expériences récemment faites m'autorisent à avancer que 2 volumes d'acide carbonique dissous dans 100 volumes d'eau, protégent complétement le plomb, même contre l'action de l'eau distillée. Quand l'eau de pluie tombe sur la terre, elle dissout les gaz de l'atmosphère; cette action se continue ensuite dans les ruisseaux et dans les rivières. Parmi les principaux gaz de l'atmosphère, l'acide carbonique est de beaucoup le plus soluble; 100 volumes d'eau pure peuvent dissoudre 100 volumes de ce gaz, tandis que 100 volumes d'eau ne peuvent dissoudre que 3 volumes d'oxygène. Néanmoins l'oxygène se trouvant dans l'atmosphère en bien plus grande quantité que l'acide carbonique, la proportion étant comme 500 : 1, l'eau se charge plus rapidement d'oxygène que d'acide carbonique, aussi de l'eau de pluie récemment tombée a-t-elle une action sur le plomb. Mais quand l'eau parcourt une longue distance dans un conduit ouvert, l'acide carbonique absorbé par l'eau atteint bientôt la proportion suffisante pour protéger le plomb, sans que l'eau perde rien de sa douceur. Aussi n'y a-t-il aucun rapport nécessaire entre l'eau douce et la corrosion du plomb. L'eau distillée elle-même perd sa propriété d'agir sur le plomb lorsqu'on l'abandonne quelque temps au contact de l'air.

III. — La troisième classe d'impuretés existant dans les eaux potables, — savoir : les substances qui ne sont pas expulsées à la chaleur rouge et qui ne décomposent pas le savon, — n'exige aucune remarque spéciale. Ces substances consistent principalement en sels formés avec les métalloïdes, tels que les sulfates et les chlorures de potassium et de sodium. A moins de se trouver en quantité excessive, ces sels sont entièrement inoffensifs dans l'usage interne ou externe de l'eau.

Nous pouvons maintenant comprendre le tableau suivant, qui contient les résultats de l'analyse des eaux amenées à Londres pendant les deux derniers mois.

Les chiffres des colonnes 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 se rapportent tous à 100 000 parties d'eau. La colonne n° 2 indique la somme totale d'impuretés solides contenues dans l'eau de chaque compagnie, eau prise dans les principaux tuyaux de conduite. La colonne n° 3 donne la quantité de carbone existant dans les matières organiques contenues dans ces impuretés solides. La colonne n° 4, la quantité d'azote sous forme de sels d'acide azotique et d'acide azoteux. La colonne n° 5 indique la quantité d'ammoniaque contenue dans chaque échantillon, et la colonne n° 6 la somme totale d'azote, sous les diverses formes de matières organiques azotées, de sels formés par l'acide azotique et l'acide azoteux, et l'ammoniaque. La colonne n° 7 donne le montant de la pollution organique antérieure, comme nous l'avons décrit plus haut. La colonne n° 8 indique la dureté de chaque eau, dureté estimée au moyen du savon, c'est-à-dire le nombre de parties de carbonate de chaux, ou son équivalent d'autres sels décomposant le savon, contenues dans 100 000 parties d'eau. Enfin la colonne n° 9 indique la quantité de savon qu'il est nécessaire d'ajouter à 100 000 parties de chaque eau, avant qu'on ne puisse produire de la mousse; cette quantité de savon se trouvant détruite pour neutraliser les sels qui se trouvent dans l'eau. On appelle ordinairement chaque partie de carbonate de chaux ou son équivalent dans 100 000 parties d'eau, un *degré de dureté* (1). Chaque degré de dureté indique la destruction de 12 parties du meilleur savon par 100 000 parties d'eau.

Comme exemple de la manière dont on doit lire la table ci-dessus, nous pouvons prendre l'eau de la compagnie de Chelsea. Au mois de février dernier, 100 000 livres de cette

eau contenaient 28,58 livres d'impuretés solides; les substances organiques constituant une partie de cette impureté contenaient 0,433 livres de carbone. Ces impuretés solides contenaient aussi 0,337 livres d'azote sous forme d'azotates et d'azotites, outre 0,004 livres d'ammoniaque ; tandis que la somme totale d'azote combiné, sous toutes les formes, se montait à 0,371 livres. La quantité d'eau ci-dessus indiquée avait été, après sa descente sur le sol sous forme de pluie, polluée par des matières provenant d'égouts ou d'engrais; cette pollution était équivalente à 2420 livres d'eaux vannes de Londres. Cette pollution organique avait été entièrement convertie, avant l'arrivée de l'eau à Londres, en composés minéraux, comparativement innocents, au moyen d'une oxydation graduelle accomplie en partie dans les pores du sol, en partie dans la Tamise et dans ses tributaires, et en partie dans les réservoirs, les filtres et les conduits de la compagnie de Chelsea.

Enfin, 100 000 livres de ladite eau contenaient 16,2 livres de carbonate de chaux ou leur équivalent d'autres sels décomposant le savon; et, si cette eau était employée au lavage, 100 000 livres occasionneraient la destruction inutile de 194,4 livres du meilleur savon dur.

Afin qu'on puisse faire la comparaison, j'ai ajouté à la table les résultats produits par l'eau du lac Katrine, telle qu'elle est amenée à Glasgow, et que j'ai soumise à la même analyse. Un rapide regard jeté sur la table suffira pour prouver combien la qualité de cette eau est supérieure à la meilleure eau amenée à Londres. 100 000 litres de cette eau ne contiennent que 3,28 livres d'impuretés solides; elle n'offre aucune trace de pollution antérieure ou présente, et elle n'a que 0,3 degrés de dureté ne nécessitant que la destruction de 3,6 livres de savon par 100 000 livres d'eau.

Telle est l'histoire chimique de l'eau qui sert maintenant à l'alimentation de Londres. Mais ce n'est pas tout encore, et il faut se rappeler que, quelque graves que soient ses défauts intrinsèques, son mode de distribution aux consommateurs est plus défectueux encore. Il est entièrement impossible que l'eau soit saine et pure dans une ville très-peuplée, si elle n'est distribuée qu'une fois, — pendant quelques minutes seulement, — toutes les vingt-quatre heures, et pas du tout le dimanche. Lors même qu'on amènerait à Londres l'eau du lac Katrine, si on la distribuait selon le système actuellement adopté par les compagnies, cette eau deviendrait entièrement impropre à la consommation humaine après avoir été exposée pendant vingt-quatre heures à l'horrible atmosphère viciée par les émanations des égouts et des lieux où l'on place systématiquement les citernes de Londres.

Qualité des eaux de Londres pendant les mois de février et mars 1867.

1 NOM DES COMPAGNIES.	2 SOMME TOTALE des impuretés solides dans 100 000 parties d'eau.		3 CARBONE organique.		4 AZOTE sous forme d'azotates et d'azotites.		5 AMMONIAQUE.		6 SOMME TOTALE d'azote combiné.		7 POLLUTION organique antérieure.		8 DURETÉ.		9 SAVON décomposé.	
	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.	FÉV.	MARS.
Tamise.																
Chelsea	28,58	30,96	0,433	0,185	0,337	0,352	0,004	0,004	0,371	0,355	2420	2565	16,2	18,3	194,4	219,6
West Middlesex	28,68	30,26	0,340	0,245	0,356	0,313	0,006	0,008	0,412	0,319	2630	2205	16,2	18,9	194,4	226,8
Southwark et Vauxhall	29,08	31,22	0,293	0,256	0,357	0,344	0,005	0,005	0,361	0,348	2630	2495	16,8	19,1	201,6	229,2
Grand Junction	29,44	31,54	0,417	0,311	0,322	0,345	0,004	0,004	0,325	0,348	2270	2495	17,1	19,4	205,2	232,8
Lambeth	29,36	32,10	0,423	0,289	0,341	0,341	0,005	0,008	0,356	0,347	2470	2485	16,0	18,5	192,0	222,0
Autres sources.																
New River	29,72	27,70	0,272	0,284	0,350	0,332	0,003	0,004	0,396	0,335	2540	2365	18,5	16,8	222,0	201,6
East London	33,56	30,36	0,293	0,270	0,357	0,320	0,004	0,004	0,392	0,323	2620	2245	18,8	18,3	225,6	219,6
Kent	39,84	39,90	0,088	0,114	0,421	0,417	0,008	0,004	0,428	0,420	3300	3215	23,1	23,0	277,2	276,0
South Essex	38,32	37,68	0,143	0,185	0,844	0,851	0,007	0,005	0,850	0,855	7520	7565	21,1	21,4	253,2	256,8
Eau du lac Katrine telle qu'elle arrive à Glasgow	3,28	—	0,256	—	0,031	—	0,002	—	0,041	—	0	—	0,3	—	3,6	—

Les vices fondamentaux de notre approvisionnement d'eau peuvent être ainsi résumés :

1° Grande pollution organique antérieure.
2° Possibilité d'une pollution actuelle par les égouts.
3° Grande dureté.
4° Distribution intermittente.

Qualité des eaux qu'on propose d'amener à Londres. — Les eaux des sources de la rivière Severn et des lacs du Cumberland n'ont pas encore été soumises à l'analyse ci-dessus indiquée; il est donc impossible de la comparer sous tous les rapports aux eaux distribuées actuellement à Londres. L'eau du lac Bala, dans le nord du comté de Galles, — qu'on peut considérer comme semblable à celle qui serait amenée à Londres, si l'on adoptait le plan de M. Bateman, — a été analysé

(1) Le degré de dureté le plus ordinairement employé par les chimistes est celui qui a été proposé par le docteur T. Clark, savoir : un grain de carbonate de chaux ou son équivalent, dans un gallon (4lit.,54) d'eau, ou une partie dans 70 000 d'eau. Les degrés, dans le tableau ci-dessus, sont mieux en harmonie avec l'arrangement décimal des autres résultats de l'analyse ; on peut d'ailleurs les convertir facilement en degrés de Clark, en multipliant par 7 et en reculant la virgule d'un chiffre à gauche. — Ed. F.

par feu le docteur R. D. Thomson. Les eaux des lacs du Cumberland ont été analysées avec soin par M. Way. Les chiffres suivants sont calculés d'après les analyses de ces chimistes :

	Somme totale des impuretés solides dans 100 000 parties.	Dureté.	Savon décomposé.
Lac Bala........	2,97	1°,1	13,2
Haweswather	5,70	2°,9	34,8
Ullswater	5,94	3°,0	36,0
Thirlmere.......	5,16	2°,1	25,2

Une simple comparaison de ces chiffres avec ceux qu'on rouve dans le tableau précédent prouve tout de suite la grande supériorité de ces eaux sur celles qui sont amenées aujourd'hui à Londres, par rapport à la somme totale d'impuretés solides et aux éléments décomposant le savon; d'un autre côté, on ne peut douter que les eaux tirées de semblables sources seront aussi exemptes de pollution organique délétère que les eaux du lac Katrine.

Amélioration de nos eaux actuelles. — En admettant qu'on se décide immédiatement pour un des projets proposés, il se passera au moins sept ans avant que les eaux de ces nouvelles sources puissent être amenées à Londres. Il est donc important de rechercher s'il est possible, en attendant, d'améliorer les eaux que nous recevons aujourd'hui. La première et la plus grande amélioration à introduire serait la substitution du système de distribution *constante* au système de distribution *intermittente*. Toutes les compagnies de Londres, avec quelques restrictions toutefois, se déclarent prêtes à adopter le système de la distribution continue, et l'opinion publique est unanime pour réclamer ce changement ; il est donc difficile de s'expliquer les retards qu'on apporte à le faire, à moins qu'ils n'aient pour cause la dépense insignifiante d'appareils que nécessiterait cette innovation, dépense qui, dans les maisons pauvres, serait à la charge des propriétaires. La plupart des villes importantes de la Grande-Bretagne sont approvisionnées d'eau d'après ce système de distribution constante. Pourquoi cet avantage est-il donc refusé à Londres, où il est plus nécessaire que partout ailleurs? Jusqu'à ce que ce changement soit fait, il est presque inutile, pour la plus grande partie de la population, d'améliorer la qualité de l'eau. Quand de l'eau a séjourné pendant un ou même deux jours dans une sale citerne, exposée à l'atmosphère viciée d'une cour ou d'une allée encombrée, il est impossible que le consommateur boive de l'eau pure et saine, quelle que puisse être d'ailleurs la qualité originelle de cette eau.

Le danger le plus terrible que nous ayons à redouter dans l'état actuel de notre approvisionnement d'eau, c'est, sans contredit, la possibilité d'infiltrations de matières provenant des égoûts, infiltrations qui, il y a tout lieu de le croire, ont causé tant de morts, l'avant-dernier été, dans l'est de Londres. Quel est le meilleur moyen à employer pour nous protéger contre cette terrible pollution de nos eaux? Il est triste d'être obligé de répondre qu'il n'y a pas de moyen absolument certain.

La filtration de l'eau à travers du charbon animal est peut-être le meilleur moyen ; mais j'ai montré que ce procédé n'enlève pas à l'eau ce que l'on croit devoir constituer le poison qui engendre le choléra. Le permanganate de potasse aussi purifie très-bien l'eau ; mais nous n'avons pas la moindre preuve que cet agent détruise le poison qui nous occupe. Faire bouillir l'eau pendant quelque temps n'est pas une garantie que les propriétés malfaisantes de l'eau seront détruites; car, en supposant, — ce qui paraît probable, — que le choléra et d'autres maladies semblables soient produites par des germes organiques, nous savons que bien des germes organiques, et surtout ceux dont l'organisation est inférieure, gardent leur vitalité après avoir été bouillis dans l'eau ou même après avoir été longtemps exposés à une température de 120° C. Feu le docteur Lindley rapporte ce fait que des graines de framboises ont germé après avoir été bouillies pour en faire des confitures; et, comme le sirop bout à une plus haute température que l'eau, ces graines doivent avoir été exposées à une chaleur notablement supérieure à celle de l'eau bouillante. Il y a près de vingt ans, un curieux fungus rouge (*Oidium aurantiacum*) attaquait le pain de Paris. M. Payen exposa pendant une demi-heure, dans des tubes, des morceaux de pain sur lesquels on avait semé ce fungus, et les soumit à une chaleur de 102° C; le fungus rouge germa tout de même, sa vitalité n'étant détruite que lorsqu'on l'exposait à une chaleur de 120° C. (1). J'ai des preuves évidentes que des personnes ont été attaquées de crampes violentes et de diarrhée pour avoir bu du thé fait avec de l'eau qui, avant d'avoir bouilli, avait été souillée par des matières provenant des égouts.

Néanmoins, quoiqu'on ne puisse absolument compter sur aucun de ces moyens pour détruire les matières organiques nuisibles contenues dans l'eau, je ne saurais trop les recommander comme mesure de précaution. Je recommanderais tout particulièrement le filtrage à travers le charbon animal, car c'est un excellent moyen pour réduire de beaucoup la quantité de matières organiques contenues dans l'eau. L'eau passe facilement à travers une couche de charbon animal ayant une épaisseur de trois pieds, à raison de 190 mètres cubes par jour et par pied carré ; les matières organiques oxydables contenues dans l'eau se trouvent réduites de moitié par ce filtrage. Cinq cents tonnes de charbon animal seraient une quantité plus que suffisante pour filtrer toute l'eau actuellement amenée à Londres. Ce charbon, à raison de 13 livres sterling (230 fr. environ) par tonne, nécessiterait une dépense de 6500 livres sterling (environ 165 000 fr.): il faudrait tous les six mois le porter à la chaleur rouge, pendant deux heures, dans des cornues ou des fours. Ce charbon pourrait servir environ deux ans et, au bout de ce temps, pourrait se vendre comme engrais la moitié de ce qu'il aurait coûté.

Quant à l'excessive dureté des eaux de Londres, il ne semble pas qu'on puisse proposer un système pratique pour la faire disparaître. Il y a quelque vingt ans, le docteur Clark (d'Aberdeen) imagina un procédé très-simple pour adoucir les eaux dures; il consistait à ajouter de la chaux à ces eaux. Mais, bien que ce procédé eût été bien des fois essayé par les compagnies, il a toujours été abandonné parce que, malgré le bon marché de la substance employée, les eaux de Londres, quand elles sont soumises à ce traitement, déposent une si grande quantité de carbonate de chaux, que, vu le volume énorme de l'eau, le procédé est impraticable. Il y a donc tout lieu de craindre que, quant à présent, nous ne soyons obligés de nous résigner à obstruer les pores de notre peau

(1) M. Pouchet a constaté l'année dernière des faits semblables sur des graines de plantes enchevêtrées dans des toisons du Brésil, et qui, après avoir subi quatre heures d'ébullition continue pendant les opérations de la teinture, avaient encore conservé leurs facultés germinatives. — Voyez *Revue des cours scientifiques*, tome IV, page 48, numéro du 15 décembre 1866.

avec les sels graisseux provenant de la décomposition du savon. Mais il est très-désirable que les autres améliorations dont j'ai parlé s'exécutent immédiatement, bien qu'elles ne doivent pas faire reculer l'exécution de travaux destinés à nous amener une eau plus pure. De l'eau de bonne qualité est un avantage sans prix dans une ville, et si nous nous basons sur ce que nous voyons dans les autres villes, nous pouvons espérer que de l'eau de bonne qualité amenée à Londres sera le moyen de bannir à jamais de notre capitale le choléra épidémique.

EDWARD FRANKLAND.

— Traduit de l'anglais par E. BARBIER. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

RESPIRATION DES PLANTES AQUATIQUES. — M. Van Tieghem présente à l'Académie des sciences des recherches sur la respiration des plantes submergées, dont il avait déjà soumis les premiers résultats à la Société botanique de France le 9 novembre 1866.

On sait que l'appareil végétatif des phanérogames aquatiques est parcouru dans toute sa longueur par un système de canaux lacuneux aérifères, tantôt libres, tantôt fréquemment entrecoupés par des planchers transversaux percés à jour; une atmosphère intérieure s'étend ainsi sans discontinuité d'un bout de la plante à l'autre, du sommet des feuilles à l'extrémité des racines. Et si l'on remarque que les feuilles et les racines adventives de la partie inférieure du végétal se détruisent peu à peu à mesure qu'il se développe de nouvelles branches, tandis qu'une foule de petits animaux se fixent sur les jeunes organes dont ils rongent le tissu, on comprendra que le système lacunaire se trouve le plus souvent ouvert en plusieurs points dans le milieu extérieur. Or, si l'on expose au soleil, dans de l'eau chargée d'acide carbonique, un plan ramifié d'un de ces végétaux, l'*Elodea canadensis*, par exemple, on voit, au bout de quelques instants, s'échapper, par chacune de ces ouvertures accidentelles, un courant continu de bulles gazeuses qui s'accélère d'abord, puis se soutient avec une constance parfaite tant que dure l'action directe de la lumière solaire; le gaz dégagé contient environ un dixième de son volume d'azote et neuf dixièmes d'oxygène. Aucune bulle n'apparaît pendant tout ce temps, ni sur les feuilles intactes de la plante, ni en aucun autre point non troué de la surface; l'exhalation gazeuse superficielle y demeure insensible. C'est donc dans le système lacunaire que vient se rendre tout l'oxygène formé par les cellules vertes sous l'influence de la lumière; c'est par les points où ce système s'ouvre dans le milieu ambiant que ce gaz, sous l'action de la pression croissante de l'atmosphère intérieure, trouve une issue au dehors; et comme ces points, bien que situés le plus souvent dans les régions inférieures en voie de destruction, se rencontrent aussi sur les jeunes organes de la partie supérieure et quelquefois au cœur même du bourgeon terminal, on voit que la direction des courants internes, loin d'être toujours descendante comme l'ont pensé MM. Cloëz et Gratiolet (voy. *Revue des cours scientifiques*, t. III, p. 234 à 238, 1866), ne dépend que de la situation des orifices d'échappement; le gaz remonte la tige si l'ouverture est au sommet; il la descend, au contraire, si elle est à la base. On ramène d'ailleurs tous ces courants naturels à un seul si l'on pratique dans la tige une section vive où les lacunes, largement béantes, offrent au gaz une plus facile issue; tout l'oxygène formé dans toutes les cellules vertes de la plante vient alors se dégager en un seul et unique point, et l'observation, ainsi concentrée, de la vitesse du phénomène respiratoire et des variations qu'elle subit avec les conditions extérieures en acquiert une très-grande netteté.

Si l'on a soin de se mettre à l'abri des réflexions produites par les nuages, tant que la lumière solaire directe n'a pas frappé les plants d'*Elodea canadensis*, le végétal ne dégage pas de courants d'oxygène; sa respiration se borne à une exhalation superficielle insensible. Si vive qu'elle soit, la lumière diffuse de l'atmosphère est donc impuissante à provoquer chez cette plante une réduction sensible d'acide carbonique. Il en est de même pour le *Ceratophyllum demersum*, le *Potamogeton lucens*, le *Vallisneria spiralis*. Ce résultat s'explique d'ailleurs par la constitution même de la lumière diffuse, que les expériences de M. Roscoë (voyez une leçon de M. Roscoë sur ces recherches dans la *Revue des cours scientifiques*, t. III, p. 815, numéro du 10 novembre 1866) ont montré être très-riche en radiations très-réfrangibles, et très-actives par conséquent, sur les papiers photographiques, mais très-pauvre, au contraire, en radiations jaunes et rouges, les seules qui, absorbées par la chlorophylle, soient transformées par elle en un travail chimique équivalent, la réduction de l'acide carbonique (voy. *Revue des cours scientifiques*, 1866, t. III, p. 533 et 534, et t. IV, p. 639).

M. Van Tieghem s'est proposé d'étudier la marche de la respiration de ces plantes lorsqu'après les avoir soumises pendant quelque temps à l'insolation directe, on les expose ensuite à la lumière diffuse ou à l'obscurité. Voici ses principales expériences:

Le 3 février 1866, à 8 heures 30 minutes du matin, la température de l'eau étant de 18 degrés, un plant ramifié d'*Elodea canadensis* est placé au soleil; un quart d'heure après il dégage, par quatre de ses points, des courants rapides. A 11 heures 30 minutes, la plante, soustraite à l'action du soleil, est soumise à la lumière diffuse de l'atmosphère à côté d'un autre flacon contenant des plants d'*Elodea* maintenus depuis le matin à l'abri du soleil. A 2 heures, les quatre courants continuent avec la même vitesse; à 5 heures, leur activité s'est à peine affaiblie, les bulles se succèdent encore en chapelets serrés; vers 5 heures 30 minutes, le jour tombe; à 6 heures les courants persistent, visiblement ralentis; à sept heures, ils dégagent encore chacun de quinze à vingt bulles par minute; à 8 heures, trois d'entre eux sont éteints, le quatrième produit encore çà et là une bulle; enfin, vers 8 heures 30 minutes, tout est terminé. Le dégagement d'oxygène n'a donc cessé que *neuf heures* après la fin de l'insolation. Pendant ce temps, aucune bulle ne s'est montrée dans le bocal placé comme témoin à côté du premier.

Le 26 avril 1866, la température de l'eau étant de 18 degrés, un plant d'*Elodea canadensis* reçoit la lumière diffuse jusqu'à midi, sans qu'aucune bulle apparaisse sur la section de sa tige; de midi à 3 heures, l'action directe du soleil y détermine un courant très-actif. On met la plante à l'obscurité; le courant s'arrête d'abord brusquement, mais il s'échappe de nouveau après quelques secondes et reprend peu à peu sa vitesse primitive; à 4 heures, il ne s'est pas sensiblement ralenti; à 5 heures, son activité est fort affaiblie, mais il ne s'éteint qu'à 6 heures. Ainsi, *trois heures* après avoir été soustrait à l'action directe du soleil et placé à l'obscurité, l'*Elodea canadensis* continue encore à réduire l'acide carbonique et à en dégager l'oxygène.

Le 11 juin 1967, une branche de *Ceratophyllum demersum*, mise au soleil à 8 heures du matin, dégage par sa section un courant très-actif; elle est placée à l'obscurité à 8 heures 45 minutes; à 9 heures, le courant donne 200 bulles par minute; à 9 heures 30 minutes, 125 bulles; à 10 heures, 75 bulles; à 11 heures, 25 bulles; à 11 heures 45 minutes, il se dégage encore 2 à 3 bulles par minute; on remet la plante à la lumière diffuse et le courant s'accélère aussitôt. Ici encore, ce n'est donc qu'après plus de *trois heures* de séjour à l'obscurité que l'effet produit par une insolation de moins d'une heure a pu être épuisé.

Ces expériences, répétées un grand nombre de fois avec résultats analogues, démontrent qu'une fois excités par l'a directe du soleil, la réduction de l'acide carbonique et le dé ment consécutif d'oxygène peuvent se continuer à l'obs

pendant un temps fort long. Mais comme ce temps est de beaucoup inférieur à celui de la prolongation à la lumière diffuse de l'atmosphère, il en résulte que cette lumière possède réellement par elle-même un effet continuateur, quoiqu'elle soit trop pauvre en radiations actives pour provoquer le phénomène.

La force vive de la lumière solaire peut donc se fixer, s'emmagasiner dans les plantes vivantes pour agir après coup dans l'obscurité complète, et s'épuiser peu à peu en se transformant en un travail chimique équivalent, comme elle se fixe et s'emmagasine dans les sulfures phosphorescents pour apparaître ensuite au dehors sous forme de radiations moins réfrangibles que les radiations incidentes (expériences de M. Becquerel ; voyez *Revue des cours scientifiques*, t. III, p. 545), et dans le papier, l'amidon et la porcelaine, pour se manifester après un temps qui peut être très-long par la réduction à distance des sels d'argent (expériences de M. Niepce de Saint-Victor; voyez *Revue des cours scientifiques*, t. III, 1866, p. 531 et 532). La propriété dont se montrent revêtues les cellules vertes des plantes aquatiques n'est donc pas isolée ; elle n'est qu'un cas particulier de la propriété générale que possède la matière de fixer dans sa masse, sous une forme inconnue, une partie des vibrations incidentes et de les conserver, en les transformant, pour les émettre plus tard, soit sous forme de radiations moins réfrangibles, soit sous forme de travail chimique ou mécanique équivalent. Le phénomène étudié par M. Van Tieghem est donc une *phosphorescence*, mais une phosphorescence particulière qui diffère des autres phénomènes du même ordre, non-seulement par le mode de transformation et d'emploi, mais encore par la qualité des vibrations absorbées. Dans nos plantes, ce sont, en effet, les radiations lumineuses les moins réfrangibles, jaunes et rouges, qui sont fixées par la chlorophylle et qui sont conservées dans la cellule, non pas pour être émises au dehors, mais pour être consommées au dedans et transformées en un travail chimique équivalent, la réduction de l'acide carbonique.

ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS, *élection de M. Hérard.* — Au premier tour de scrutin, M. Hérard a obtenu 32 voix, M. G. Sée, professeur à la Faculté de médecine, 26 ; M. Fauvel, 21 ; M. Bernutz, 1. Au second tour, M. Hérard avait 40 voix ; M. G. Sée, 24 ; M. Fauvel, 16. Enfin au troisième tour, M. Hérard est élu par 55 voix contre 22 données à M. G. Sée.

BULLETIN DES COURS.

Soirées scientifiques de la Sorbonne.

DU 19 DÉCEMBRE 1867 AU 26 MARS 1868.

19 décembre, M. PASTEUR, membre de l'Institut : Le vinaigre ; sa fabrication, ses maladies. — Conservation des vins.

26 décembre, M. BERT, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux : La respiration.

9 janvier, M. DE LUYNES, docteur ès sciences : Porcelaines et poteries.

16 janvier, M. FERNET, professeur de physique au lycée Saint-Louis : La télégraphie.

23 janvier, M. FARGUES DE TASCHEREAU, professeur de physique au lycée Bonaparte : Faraday.

30 janvier, M. RICHE, professeur à l'École supérieure de pharmacie : Du froid et du chaud.

6 février, M. ISIDORE PIERRE, doyen de la Faculté des sciences de Caen : L'agriculture et la chimie.

13 février, M. SCHUTZENBERGER, docteur ès sciences : Le soufre.

20 février, M. BUREAU, docteur ès sciences : Les palmiers.

5 mars, M. LORY, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble : Les montagnes.

12 mars, M. D'ARCHIAC, membre de l'Institut : La paléontologie.

19 mars, M. LAMY, professeur à l'École centrale : Les nouveaux métaux.

26 mars, M. FAYE, membre de l'Institut : Le soleil.

Collége impérial de France.

PROGRAMME DES COURS DU PREMIER SEMESTRE 1867-1868.

MÉCANIQUE CÉLESTE (les mardis et vendredis, à dix heures et demie). — M. SERRET (de l'Institut) traitera du Mouvement elliptique des corps célestes et de la théorie des perturbations. — L'ouverture de ce cours sera annoncée par un avis particulier.

MATHÉMATIQUES (les lundis et samedis, à dix heures). — M. LIOUVILLE (de l'Institut) traitera de la Théorie des nombres.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET MATHÉMATIQUE (les mardis et vendredis, à midi). — M. BERTRAND (de l'Institut) traitera de la mécanique analytique.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET EXPÉRIMENTALE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. REGNAULT traitera de diverses parties de la physique générale et de la chaleur. — Ce cours ouvrira le 11 décembre.

CHIMIE (les mercredis et samedis, à midi et demi). — M. BALARD (de l'Institut) traitera de questions relatives à la chimie générale.

CHIMIE ORGANIQUE (les vendredis, à une heure). — M. BERTHELOT traitera des Alcools ; — les mardis, à une heure, il traitera de l'Analyse. — Ce cours commencera le 13 décembre.

MÉDECINE (les mercredis et vendredis, à midi et demi). — M. CLAUDE BERNARD (de l'Institut) traitera de la Médecine expérimentale. L'ouverture de ce cours sera annoncée par un avis particulier. Elle aura lieu vers le 10 janvier.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS INORGANIQUES (les mardis et les vendredis, à deux heures). — M. ÉLIE DE BEAUMONT (de l'Institut), professeur. M. CH. SAINTE-DEVILLE (de l'Institut), suppléant, traitera des Roches, au double point de vue de la nature de leurs éléments et de leurs gisements principaux.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS (les mardis et samedis, à deux heures). — M. FLOURENS (de l'Institut), professeur. M. MAREY, suppléant, traitera des Phénomènes d'électricité chez les animaux. — Ce cours commencera le 17 décembre.

EMBRYOGÉNIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à une heure). — M. COSTE (de l'Institut) traitera de l'Ensemble des phénomènes que les animaux présentent dans leur développement. L'ouverture de ce cours sera annoncée par une affiche particulière.

HISTOIRE DE LA MÉDECINE (les mardis et vendredis, à midi et demi). — M. DAREMBERG, chargé du cours, exposera l'Histoire générale de la médecine et l'Histoire des maladies épidémiques durant le XVII[e] siècle. Ce cours commencera le 13 décembre.

Faculté de médecine de Paris.

M. Houel, agrégé, est chargé provisoirement du cours de pathologie chirurgicale devenu vacant par suite de la promotion de M. Richet à la chaire de clinique chirurgicale de l'hôpital de la Pitié.

— M. Marc Sée, agrégé, est chargé provisoirement du cours d'anatomie normale devenu vacant par suite de la promotion de M. Jarjavay à la chaire de clinique chirurgicale de l'hôpital des Cliniques. Les leçons auront lieu les lundis, mercredis et vendredis, à quatre heures, comme l'indique le programme primitif.

— La Faculté de médecine vient d'arrêter la liste de présentations pour la chaire de pathologie chirurgicale vacante dans son sein. M. Verneuil a été présenté en première ligne par 24 voix contre 2 données à M. Dolbeau. Pour le deuxième rang, au premier tour de scrutin, M. Trélat a obtenu 12 voix, M. Dolbeau 12, et M. Le Fort 2 ; au second tour, M. Trélat a été présenté par 14 voix contre 12 données à M. Dolbeau. Enfin, pour le troisième rang, au premier tour de scrutin, M. Dolbeau a obtenu 12 voix, M. Le Fort 7, M. Guyon 4, et M. Labbé 3 ; au second tour, M. Dolbeau a été présenté par 15 voix contre 10 données à M. Le Fort et 1 à M. Guyon.

— La Faculté a fait également ses présentations pour la chaire d'anatomie normale. M. Sappey a été présenté en première ligne, et M. Marc Sée en seconde, tous deux à l'unanimité.

Faculté de médecine de Montpellier.

M. Bérard, doyen, a été nommé commandeur de la Légion d'honneur. M. Bérard vient de compléter sa cinquantième année de professorat. Pour fêter cette cinquantaine, si honorable et si rare, les collègues de M. Bérard lui ont offert un banquet présidé par le doyen de l'Académie M. Donnet. M. Bérard est l'un des plus anciens chimistes de l'Europe ; il a été dans l'intimité de Berthollet, de Laplace, de Gay-Lussac, de Dulong, d'Arago.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 2 — 14 DÉCEMBRE 1867

L'AVENIR DE LA MÉDECINE (1).

I

Il faudrait être aveugle pour ne pas le reconnaître, la médecine a réalisé depuis le commencement du siècle, et surtout dans le cours de ces trente dernières années, d'incontestables progrès. Cependant nous ne serons contredit par personne, si nous affirmons qu'elle est encore éloignée du but qu'elle poursuit depuis son origine. Cette marche relativement lente de la médecine, quand on la compare aux autres sciences ses sœurs, si jeunes et déjà si fécondes, ne doit pas nous surprendre.

Les phénomènes dont les êtres vivants sont le théâtre se présentent à nos yeux dans un état de complexité qui contraste avec la simplicité relative des phénomènes du monde extérieur. L'étude de l'homme en particulier, alors même qu'on ne recherche en lui que le premier des animaux, soulève à chaque pas d'innombrables problèmes. Ce que nous ne savons pas, ce que nous ne pouvons savoir (car nous assistons à l'aurore des sciences), nous nous résignons difficilement à en réserver la solution.

Avide de connaître, l'homme s'attaque de prime abord aux questions insolubles. A l'origine de toutes les sciences, la curiosité humaine échoue sur les mêmes écueils. Ce n'est que plus tard qu'éclairé par les exemples du passé, l'homme abandonne les hautes régions où son esprit plane sans entraves, et que, volontairement enchaîné à l'expérience, il se résigne à gravir d'un pas lent, mais sûr, les sommets qui se dérobent à ses regards. Tandis que les sciences physiques, définitivement séparées du tronc métaphysique, vivent de leur vie propre et poursuivent les phases rapides de leur développement, la science des êtres vivants n'a pas rompu tous les liens qui l'y tiennent rattachée.

Ce qui frappe tout d'abord dans l'histoire de la médecine, c'est que la marche ascendante n'a pas toujours lieu d'une manière progressive. Trop souvent une vérité nouvelle suffit à l'édification d'un corps de doctrine qui s'applique, avec ou sans raison, à des faits plus ou moins analogues. Du haut de cette construction artificielle, le point de vue n'est plus le même ; le novateur affirme que la médecine a trouvé sa voie : des disciples se groupent autour de lui et s'engagent à sa suite. Mais le temps est une épreuve infaillible : la chaîne des déductions se brise peu à peu, et l'édifice s'écroule. Le service le plus signalé qu'ait rendu à la médecine le bouillant réformateur du commencement du siècle, c'est bien moins d'avoir conçu et promulgué ce dogme nouveau de l'irritation, qui devait à son tour disparaître, que d'avoir ruiné les systèmes de ses devanciers pour y planter son drapeau.

De nos jours, avec le prompt échange des idées, la rapidité des communications, les publications quotidiennes, la critique immédiate, on peut affirmer que ces fragiles édifices sont à jamais condamnés. Le discrédit des doctrines et des systèmes, tel est, aujourd'hui, le fait dominant. Bien loin de nous en affliger, nous pensons qu'il faut s'en réjouir, car nous estimons qu'il n'appartient à aucun homme, quelque grand qu'il soit, de renfermer la science médicale, non plus que toute autre science, dans les limites bornées de son horizon personnel. Les doctrines et les systèmes représentent la période d'enfance de la médecine. Toute science est l'œuvre du temps, et à ce titre elle est l'œuvre de tous.

Abandonnant la région des chimères et renonçant aux conceptions systématiques ambitieuses et prématurées, la médecine entrevoit chaque jour plus clairement son objet. Elle commence à sentir que le premier besoin d'une science, c'est de déterminer et de limiter le champ de ses recherches. Or quelle est l'étendue de son domaine ? Quelles sont ses limites ? C'est ce que nous allons examiner.

II

Il ne manque pas d'esprits éclairés pour affirmer, encore aujourd'hui, qu'il est impossible d'aborder l'étude des phénomènes de la vie à l'aide de la méthode en usage dans l'étude des autres sciences naturelles, c'est-à-dire à l'aide de la méthode expérimentale. Cette croyance tient, pensons-nous, à une fausse appréciation des conditions mêmes de la connaissance. La biologie a un sujet, l'être vivant; il est sous nos yeux, nous pouvons l'observer, le toucher, l'interroger, l'analyser : la biologie est une science objective. Lorsque, s'élevant au-dessus du phénomène saisissable, le médecin s'efforce de pénétrer la nature même de la vie ou de son principe, il franchit les limites de son domaine. A la métaphysique de poser ces questions, sinon de les résoudre. La science expérimentale, c'est là son caractère fondamental et c'est par là qu'elle vaut quelque chose, la science expérimentale déclare ici son impuissance, je dirai même son indiffére[illegible] ce qui est du domaine de l'intelligence humain[illegible] être indifférent.

Le médecin et le physiologiste qui croient p[illegible]

(1) Cet article est extrait d'un rapport sur les progrès de la médecine en France depuis vingt-cinq ans, fait au ministre de l'instruction publique par M. Béclard et Axenfeld, professeurs à la Faculté de médecine de Paris. — Voyez une conférence de M. Béclard sur Harvey, dans la *Revue des cours scientifiques*, tome II, page 569, n° du 29 juillet 1865.

que c'est que la vie, ce que c'est que l'essence des maladies, ne s'épuisent pas seulement en vains efforts; cette étude présente encore des dangers sérieux. Échappant à toute définition précise, ces fantômes que le médecin poursuit le conduisent à se contenter d'explications spécieuses, que le temps consacre et qui tiennent la place de la vérité. Un mot que nous employons pour caractériser ce que nous ignorons n'a par lui-même qu'une valeur négative. Circonscrire les phénomènes, chercher à saisir les conditions de leur manifestation, afin de pouvoir les reproduire en réalisant ces conditions; en un mot, tenter de fixer les lois de la vie dans l'état de santé et de maladie, l'un et l'autre de ces états n'étant que les expressions variées du problème biologique: voilà tout ce qu'il peut faire. Il ne s'agit point pour le médecin de la recherche des causes finales ou de la dernière raison des choses, mais de la recherche des causes prochaines. S'il ne nous est jamais donné de pénétrer les premières, sachons du moins nous rendre maîtres des secondes.

« Quoi! s'écrie l'un des représentants les plus éminents de » ces aspirations sans limites, vous abandonnez la réalité » pour l'ombre; vous ne voulez voir que le phénomène extérieur. Ce qu'il importe de connaître, c'est ce qui est au » fond. Pourquoi ces cellules organiques, le dernier mot de » l'analyse moderne, pourquoi ces cellules sont-elles agglo» mérées? Pourquoi se multiplient-elles suivant un ordre » déterminé? Pourquoi se transforment-elles? Pourquoi se » séparent-elles dans leurs attributions fonctionnelles? Pour» quoi leur ensemble se range-t-il sous un type invariable » qui caractérise l'espèce? Pourquoi cette forme se transmet» elle par la génération?... Ces questions enferment en elles » les lois fondamentales de la vie, et l'on prétend l'étudier et » la connaître en négligeant tous ces problèmes! »

Est-ce bien à nous que ces paroles s'adressent, et ne serions-nous pas en droit de les renvoyer à leur auteur? Ce problème fondamental, l'avez-vous résolu? Le fait incontestable de l'unité et de la coordination des phénomènes vitaux, le mystère de la formation et du développement du germe, tout cela en devient-il plus clair pour être placé sous le patronage d'une conception idéale? Dès les premiers jours de la science, tous ces points d'interrogation ont été posés, sous une forme ou sous une autre. Depuis cette époque, ces questions, si souvent débattues, ont-elles fait un pas, un seul?

A nos yeux, l'un des grands mérites de la médecine de nos jours, c'est précisément d'avoir abandonné cette chimérique poursuite. Vouloir résoudre ces problèmes, c'est chercher l'essence même de la vie. Le *pourquoi* des phénomènes est situé dans les régions de la fantaisie. Le *comment* est le seul terrain de la médecine expérimentale, et l'étude des conditions d'existence des phénomènes ouvre un champ déjà si vaste à ses aspirations, qu'il est impossible d'en mesurer les limites.

D'autres vont répétant chaque jour que l'école de Paris fait fausse route, qu'elle est sur une pente fatale. Ils vantent sans cesse l'antiquité de la doctrine dont ils se glorifient d'être les disciples, comme si l'autorité était de mise en matière de science.

Pourquoi mélanger toujours les questions? Que peut gagner la médecine à cette évocation stérile d'un problème tant de fois agité et jamais résolu? Vous parlez sans cesse de la matière et de la force; pouvez-vous nous dire ce qu'est l'une et ce qu'est l'autre? Quand on prononce le mot *matière*, notre pensée conçoit quelque chose d'étendu et de divisible; mais ce qu'elle est en elle-même, nous confessons ne le point savoir. Si l'on nous demande ce qu'est la *force*, il nous est plus difficile de répondre, il nous est même impossible d'en donner une définition satisfaisante, et l'idée que nous nous en formons dérive uniquement de l'effet qu'elle est capable de produire. Les uns diront que c'est une substance indéfinissable et qui existe par elle-même; les autres affirmeront qu'il est impossible de la concevoir sans un être ou un sujet qui la possède; d'autres encore, les plus sages peut-être, s'aperçoivent qu'ils ne savent absolument rien sur ce point.

Quand nous voyons Leibnitz, l'un des plus puissants génies dont s'honore l'humanité, riche des plus vastes connaissances qu'aucun homme au monde ait possédées, user sa vie à cette recherche, et finir enfin, en désespoir de cause, par confondre la matière et la force dans la notion de l'être simple ou de la monade, cela nous rend modestes. C'est avec moins de regrets que nous descendons des régions de l'idéal dans le monde des réalités, et nous ne rapportons de ce domaine de l'invisible, dans lequel la pensée trouve tant de charme à s'égarer, que la conscience de notre impuissance et le vivant témoignage d'une perfection qu'il ne nous est pas donné d'atteindre, mais que nous ne pouvons entrevoir sans y aspirer.

Si encore cette force, ou ces forces dominatrices auxquelles l'organisation est subordonnée, de quelque nom qu'on les désigne, n'étaient que de pures conceptions, elles auraient droit de cité comme toute autre dans le domaine de la spéculation. Mais de ce point de départ qui domine tout, on croit pouvoir déduire le reste. Malgré l'abîme qui sépare le fait de l'idée, tout découle de cette conception à priori, tout s'y ramène. La santé n'est que l'équilibre des forces; la maladie n'en est que le désordre; quant aux conditions matérielles, visibles ou invisibles, connues ou inconnues, elles n'en sont que les conséquences. De leur augmentation, de leur diminution, de leur perversion, résultent tous ces états changeants et divers qui se déploient dans le cadre nosologique. Moins soucieuse des faits d'application, bien qu'elle fasse sonner très-haut son caractère pratique, cette école semble se préoccuper beaucoup moins de mettre la doctrine en harmonie avec l'idée qu'on peut se faire des agents de la thérapeutique, agents qui sont en somme des objets matériels et qui s'adressent à des éléments solides ou fluides.

Que tout fait extérieur soit impuissant à produire immédiatement un fait vital ou morbide, que cet acte soit toujours le produit de l'être vivant, d'accord. Mais que la vie soit créatrice de mouvement, qu'elle soit cause spontanée d'actes qui découlent de son activité incessante, qu'elle demeure toujours libre de répondre ou de garder le silence, qu'elle reste maîtresse de ses mouvements, de ses actes, de ses déterminations morbides; nous tenons cette conception pour antiscientifique, et nous sommes convaincu qu'elle aurait pour l'avenir de la science les plus funestes conséquences. Au lieu d'être, comme on le prétend, ce principe fécond en dehors duquel toute pathogénie est condamnée d'avance, nous pensons, au contraire, qu'elle ferme la voie du progrès et qu'elle est une barrière fatale.

Avec cette force arbitraire qui n'obéit à aucune règle, l'exception déborde la science; on ne peut plus rien affirmer, rien prévoir, rien connaître.

Cette spontanéité, la raison de tous les actes de l'animalité, on l'appelle *créatrice*. A-t-on bien pesé toute la valeur du

mot? Prétendrait-on qu'elle est affranchie de toute dépendance causale, et qu'il lui appartient de faire quelque chose de rien? On serait tenté de le croire : car nulle part on ne se préoccupe de savoir où elle puise son principe d'action, tandis que là est précisément pour nous toute la science des êtres vivants.

En vain, pour justifier la doctrine, on invoque cette portion de l'homme qui fait de lui un être actif et agissant, et l'on affirme la liberté humaine. Cette spontanéité de la personne morale n'a rien à faire avec la spontanéité organique. Si l'homme était libre d'être malade ou bien portant, la médecine n'existerait pas même de nom.

III

A l'origine de la médecine, l'art médical n'est qu'un recueil d'observations groupées et rapprochées dans ce qu'elles ont de commun, afin d'en déduire des préceptes de traitement. Plus tard on ne se contente plus de ces notions pratiques données par le hasard et accumulées par la tradition. Le mal qu'on cherche à combattre, on veut le connaître, on tente de remonter à son origine, on s'efforce d'en pénétrer les causes et d'en saisir la nature.

Le but est entouré d'obscurités; l'esprit peut s'égarer dans cette recherche, il a du moins l'ambition de l'atteindre. La médecine n'était qu'un art, elle aspire à devenir une science. L'idée qu'il faut relier l'observation médicale au précepte thérapeutique, et que le véritable problème consiste à trouver un rapport logique entre l'agent modificateur et la matière modifiable, cette idée, une fois entrée dans les esprits, n'en sort plus. Ainsi s'explique l'immense influence qu'a exercée Galien. Telle est la puissance d'une grande idée, que devant elle la mémoire vénérée d'Hippocrate, dont Galien est en bien des points le continuateur et le disciple, perd son prestige. Tout s'efface devant le médecin de Pergame. Pendant quatorze cents ans, presque jusqu'à nos jours, sa doctrine et jusqu'à ses erreurs s'imposent avec l'autorité d'un véritable dogme. Il y a là un grand enseignement.

Les systèmes éphémères que les deux derniers siècles ont vus naître et mourir, ne furent au fond que le développement de la même pensée, et répondaient au même besoin. Mécaniciens, chimistes, solidistes, humoristes, animistes, vitalistes, tous s'accordent en ce point qu'ils subordonnent le choix du remède à une conception raisonnée de la maladie. Mais, assujettis au joug de la philosophie et des connaissances physiques et chimiques du moment, dérivant l'idée de la maladie d'une conception mécanique, physique, chimique, ontologique, ils crurent pouvoir tirer toute la pathologie d'un seul théorème, d'un seul axiome. Tel a été le vice commun des systèmes. Qu'éclairée par les exemples du passé, la médecine abandonne sans retour une voie où elle rencontrerait les mêmes écueils. Ce que Galien cherchait de son temps, la médecine de nos jours le cherche encore. Le but qu'il poursuivait n'a pas cessé d'être le même.

Sublata causa, tollitur effectus. La médecine est tout entière dans ce court aphorisme. Que la cause soit difficile à saisir, d'accord : deux mille ans d'efforts en témoignent suffisamment. Mais quand nous entendons affirmer que toute tentative de ce genre est et doit demeurer infructueuse ; que, pour être en état de guérir les maladies, il importe peu d'en connaître les causes génératrices, il nous semble, on l'a dit avant nous, il nous semble voir un aveugle armé d'un bâton frapper au hasard sur la maladie ou sur le malade.

« Un homme tombe en apoplexie, dit Voltaire : ce ne sera ni un capitaine d'infanterie, ni un conseiller de la cour des aides qui le guérira. » Si le médecin triomphe ici, sans conteste, c'est bien moins parce qu'il a conservé le souvenir de ce qu'il a vu faire en pareil cas, que parce qu'il peut remonter à la cause qui a jeté sans mouvement cet homme sur le sol.

La recherche des causes, telle est, nous le répétons, toute la médecine. Mais il faut bien s'entendre sur ce point.

Pour différer des corps bruts, les corps vivants ne peuvent être abordés par des moyens différents. Dans toutes les sciences le but et la méthode sont identiques. L'esprit humain est un, et les voies de la connaissance sont toujours et partout les mêmes. On ne saurait se lasser de le redire (car on l'oublie sans cesse), la nature ou l'essence des maladies nous est et nous sera toujours inconnue. Dans le monde physique, tout aussi bien que dans la sphère des êtres vivants, jamais nous ne saisirons que des propriétés. L'homme, et c'est là toute sa grandeur, s'efforce de reculer toujours davantage l'horizon obscur au delà duquel son regard ne pénètre pas ; mais une cause ne sera jamais pour lui qu'un effet qui en précède un autre. Rattacher, à l'aide de l'expérience et du raisonnement, le fait qu'il observe à ses conditions d'existence, c'est-à-dire à sa cause prochaine : tel est le rôle du savant. Chercher le rapport de subordination des effets, ou, en d'autres, la condition d'existence des phénomènes : tel est le cercle fatal qu'il ne saurait franchir.

L'homme s'accoutume difficilement à ignorer. L'habitude des recherches scientifiques peut seule tempérer et régler cette tendance spontanée qui le porte à expliquer avant de connaître. Quand, abandonnant le monde des réalités, il mélange les produits de son imagination avec les données de l'expérience, il se trompe lui-même et il trompe les autres. Sous leur séduisante parure de langage, ses brillantes créations peuvent éblouir un instant ; bientôt l'enveloppe périssable se dissipe, et le germe de vérité qu'elles contenaient reste seul, car seul il est éternel.

Lorsque, fidèle aux procédés de la recherche scientifique, l'expérimentateur a pénétré la cause prochaine d'un phénomène, il a fait en avant un pas décisif et irrévocable. Pouvant reproduire à son gré les conditions qui en règlent la manifestation, il en devient pour ainsi dire le maître, car il peut le faire apparaître, le prévoir et le diriger. Il est alors en possession du fait qu'il étudie ; il le connaît, non pas dans sa cause insaisissable, mais dans l'ordre étiologique de son évolution, c'est-à-dire qu'il est en possession de la loi suivant laquelle il se produit nécessairement. Chercher et trouver la loi des phénomènes, tel est en effet le seul champ ouvert aux efforts de l'expérimentateur, en médecine comme en toute autre science.

Est-ce à dire que les phénomènes qui se passent dans les êtres vivants peuvent être ramenés aux lois auxquelles obéissent les êtres inanimés? Qu'au lieu de remonter péniblement la chaîne des effets dont nous ne connaissons encore que quelques anneaux, des esprits impatients s'enga
rairement sur les traces d'Épicure et de Lucr
chent à réunir et à confondre tous les êtres de
une seule unité cosmique, ce sont là des conce

physiques que nous voyons s'épanouir de temps à autre, depuis l'origine des sciences. La méthode expérimentale n'a pas de si hautes visées. Il suffit au physiologiste et au médecin de jeter un coup d'œil sur les objets qui les environnent, pour reconnaître que les êtres doués de vie diffèrent profondément des corps bruts. La méthode expérimentale est toujours la même, car il ne saurait y en avoir d'autre ; mais il est évident que la matière vivante a des attributs qui lui appartiennent, et que, par conséquent, la biologie a ses phénomènes spéciaux et ses lois propres. Il saute aux yeux que, pour savoir quelque chose des fonctions de la vie, c'est sur les êtres vivants qu'il les faut étudier.

La médecine, il ne pouvait en être autrement, a commencé par une science d'observation. Avec des connaissances assez bornées en anatomie, à peu près exclusivement livrés à l'étude des signes extérieurs de la maladie, les médecins de l'antiquité nous ont laissé des tableaux saisissants de vérité. Mais prétendre que la médecine ne doit jamais être autre chose, la faire reposer uniquement sur cette antique base, et, après les naufrages des doctrines, l'y ramener comme à un port de salut, ce serait rétrograder, ce serait ranger la médecine au nombre des sciences dont l'objet est, pour ainsi dire, en dehors de notre sphère d'action. L'astronomie est et restera une science d'observation, car l'homme ne peut se flatter d'arriver jamais à modifier le cours des astres. La maladie n'est pas un phénomène inaccessible : la médecine peut et doit devenir, non-seulement une science d'observation, mais une science expérimentale. La biologie lui en fournit les moyens. Par elle il sera donné au médecin de pénétrer les mystères de la machine vivante, de connaître le mal dans sa cause prochaine, c'est-à-dire dans les conditions organiques qui le déterminent, et de formuler enfin les lois de l'organisme sain et de l'organisme malade.

C'est déjà beaucoup de connaître la marche du mal et d'en prévoir les manifestations ; ce qui est plus encore, c'est de le prévenir et de le combattre. Le but proposé à nos espérances paraîtra peut-être ambitieux ; mais ces espérances n'ont rien de téméraire, car, si l'on peut avoir la prétention légitime de diriger les phénomènes, c'est évidemment en se soumettant aux lois naturelles qui les régissent.

Un injuste dédain pour les précieuses acquisitions de la médecine traditionnelle, et aussi l'introduction prématurée ou faite sans discernement de quelques faits biologiques en pathogénie, ont suscité une opposition qui s'efforce chaque jour de mettre en relief les difficultés de la méthode expérimentale, et qui ne cesse d'insister sur ses incertitudes et ses contradictions. Quelques-uns vont jusqu'à contester la légitimité des applications de la physiologie à la médecine. Cette fin de non-recevoir a sa source dans une vue incomplète des choses. Ce qu'on tient pour incontestable lorsqu'il s'agit des phénomènes de la matière brute, on croit pouvoir le mettre en doute lorsqu'il s'agit de la matière vivante, comme si les phénomènes du monde physique étaient seuls assujettis à des lois fixes, tandis que ceux du monde organique y seraient soustraits. On parle d'expériences contradictoires, tandis qu'en réalité il n'y a que de bons et de mauvais expérimentateurs. En biologie, pas plus que dans les autres sciences naturelles, il n'y a rien de variable et d'indéterminé. Les actes vitaux, il est vrai, présentent une grande complexité ; ils ne peuvent être abordés qu'avec une extrême réserve, et il n'est pas donné à tout le monde de les interpréter ; mais leur langage ne saurait être contradictoire.

Dans l'état présent de la science physiologique, il est un petit nombre d'actes dont les conditions sont bien déterminées ; il en est un plus grand nombre que nous ne connaissons encore que par certains côtés : quoi de surprenant qu'ils aient parfois donné des résultats différents aux expérimentateurs, alors que ceux-ci ont pu se croire dans des conditions identiques ?

Ce qui est vrai en physiologie ne peut pas ne pas être vrai en pathologie. De deux individus du même âge atteints d'une même maladie et soumis au même traitement, l'un guérit et l'autre succombe. Invoquer la vie pour expliquer la différence du résultat, c'est appeler à son aide une inconnue qui n'explique rien. Ce qui est démontré par l'avénement, c'est que les conditions organiques n'étaient pas identiques.

Les fonctions des organes vivants s'accomplissent conformément aux propriétés de leurs tissus et à l'influence des circonstances extérieures. De ces deux termes, dans lesquels se résume la biologie normale et pathologique, le premier, bien qu'incomplétement connu, l'est mieux cependant que le second. Les formules thérapeutiques auxquelles viennent aboutir la science du pathologiste et l'art du praticien ne sont trop souvent encore que des moyens empiriques dont le mode d'action nous échappe. Quant aux états organiques auxquels il les applique, s'il les connaît mieux, le médecin les connaît-il entièrement ? Après la mort, l'observateur peut sans doute constater la lésion matérielle et l'étudier dans ses caractères actuels ; mais, pour ne point parler des maladies dont les altérations se dérobent encore à nos moyens d'investigation, il ne peut guère saisir ainsi que les ravages ultimes de l'évolution morbide. Les occasions sont rares où il peut se renseigner sur la genèse et sur les premières périodes du mal.

La connaissance des effets produits par les modificateurs, que ces modificateurs agissent immédiatement, ou que leur action, pour ainsi dire secondaire, ne se produise en quelque sorte qu'à long terme et par l'intermédiaire du milieu organique, cette connaissance offre aux recherches de la pathologie expérimentale le champ le plus vaste et le plus fécond. Découvrir dans l'organe troublé dans ses fonctions, altéré dans ses propriétés, les nouveaux rapports qu'il entretient avec les agents modificateurs, ne serait-ce pas trouver du même coup les moyens d'agir rationnellement et de rétablir ces rapports dans leur état normal ? Ce problème est-il au-dessus de la puissance humaine ?

N'oublions pas qu'à l'encontre des doctrines individuelles qui prétendent à l'immuabilité et qui se personnifient dans un nom, toute science constituée est une œuvre essentiellement impersonnelle, qui réclame le concours et les efforts de tous et qui a le temps pour elle. Si sa marche est lente et laborieuse, il est dans son essence de marcher sans cesse ; elle est progressive par nature, car elle est toujours incomplète, toujours perfectible. Elle n'est une véritable science qu'à cette condition. « Toute science soumise à l'expérience, dit » Pascal, doit être augmentée pour être parfaite, et c'est notre » devoir de la laisser à ceux qui viendront après nous, dans » un état plus accompli que nous ne l'avons reçue. »

IV

Dès l'abord on nous arrête. Ce que vous appelez les *causes prochaines* des maladies n'est et ne peut être, nous dit-on, que des causes accidentelles ou contingentes. A supposer qu'il vous soit un jour donné de les pénétrer, vous connaîtrez peu de chose. Ce qu'il ne faut pas perdre de vue, ajoute-t-on, ce qui importe, c'est la cause réelle, c'est la cause efficace : or, cette cause, voulez-vous la connaître ? Elle n'est autre que la vie elle-même. C'est-à-dire que ce quelque chose d'indéterminé et d'insaisissable que nous appelons *la vie*, on le place au sommet de la pathologie comme le principe irréductible de toute causalité.

Tout se tient, tout s'enchaîne. Si la maladie est un fait vital, elle est une affection propre de la vie. Toute maladie est une manifestation de la spontanéité vivante ; elle s'engendre, en quelque sorte, d'elle-même par une véritable autogenèse ; nous avions l'entité vie, nous avons l'entité maladie : deux mystères au lieu d'un.

En matière de science, disons-le tout d'abord, rechercher dans le principe de causalité autre chose qu'un rapport de succession, c'est reléguer à tout jamais le problème scientifique dans le domaine des questions insolubles, c'est affirmer la négation absolue de la science, car c'est la détruire dans sa base même.

Voyons d'ailleurs ce que vaut cette affirmation. Placé au seuil de la doctrine comme la clef de la pathologie, le principe de la spontanéité normale et morbide de l'être vivant est absolument vrai à tous les degrés de l'animalité, ou il n'est rien. Ce n'est pas le lieu d'entrer dans des développements qui dépasseraient les limites de cette étude. Au lieu d'envisager le problème dans les êtres supérieurs, descendons un instant jusqu'aux derniers échelons de la série animale, là où la vie se montre sous ses attributs les plus simples, et nous pourrons nous convaincre aisément que la spontanéité, nous ne disons pas de l'être pensant, mais de l'être vivant, n'est qu'une illusion. Dans tous les corps de la nature, aussi bien dans les êtres organisés que dans les corps bruts, tout phénomène se montre sous un double aspect. Il présente à considérer, d'une part, le corps qui subit la modification, qui réalise l'acte ou le mouvement ; et, d'autre part, le milieu, l'agent ou la circonstance qui sollicitent cette modification, cet acte ou ce mouvement. On peut même affirmer, à bien considérer les choses, que l'action est réciproque, car un corps n'en peut modifier un autre sans être modifié lui-même. Dans la graine, dans l'œuf, dans les organismes inférieurs, ces faits sont d'une évidence palpable. Non-seulement cette double action peut être saisie, on peut encore la mesurer.

Lorsqu'on s'élève dans la série des êtres vivants, le nombre et la variété toujours croissante des organes et des appareils, la complexité de plus en plus grande des fonctions de l'animal, masquent plus ou moins complétement le phénomène : ces êtres semblent, au premier abord, soustraits aux influences qui les entourent ou qui les pénètrent, si bien qu'on à pu définir la vie *une lutte contre les choses extérieures*. Mais, à mesure que la science biologique se développe, à mesure que les obscurités qui l'entourent se dissipent, cette vérité, encore contestée, devient de plus en plus claire, savoir : que tous les phénomènes dont les êtres vivants sont le théâtre résultent du conflit réciproque du corps qui reçoit l'action et du milieu qui l'imprime ; ce qui revient à dire qu'aucun corps ne peut se donner le mouvement, et que toute action ou tout mouvement supposent l'intervention d'une relation nouvelle.

On insiste et l'on dit : Une même maladie peut être déterminée par une multitude de causes, même les plus diverses. D'autre part, ne voit-on pas, chaque jour, surgir des maladies différentes sous l'influence d'une même occasion morbide ? Puisque l'être vivant répond à sa manière à une même sollicitation, n'est-ce pas la preuve la plus éclatante de sa spontanéité d'action ? Donc ce qui détermine la maladie, ce qui l'engendre, c'est la vie elle-même, ce n'est point l'agression extérieure.

Que la sollicitation extérieure puisse suffire à elle seule à déterminer la nature du trouble morbide, qui donc songerait aujourd'hui à l'affirmer ? Et que prouve cela, sinon que, dans ce conflit dont l'issue est la maladie, la cause occasionnelle seule nous est parfois connue, tandis que l'état organique auquel elle s'applique nous échappe trop souvent encore ?

Quant à cette multitude de causes que l'étiologie invoque, on peut dire qu'une grande pauvreté se cache sous cette apparente richesse. Dans l'impossibilité où se trouve trop souvent le médecin, de discerner la véritable, c'est-à-dire la cause prochaine, comment pourrait-il se faire un argument de son impuissance.

Dans les phénomènes naturels de la végétation, l'amidon se transforme en sucre sous l'influence de la diastase végétale ; mais on peut opérer artificiellement cette transformation, soit à l'aide de l'eau acidulée, soit à l'aide de la chaleur et de la vapeur d'eau, soit à l'aide de la salive. Une personne étrangère à la chimie serait tout naturellement portée à croire que la formation du sucre aux dépens de l'amidon dépend de causes multiples, telles que l'action de la diastase, celle de la chaleur, celle des acides dilués, celle de la salive. Mais le chimiste, qui s'est rendu maître du phénomène, qui le connaît dans sa cause prochaine, sait que cette cause unique, c'est la fixation par l'amidon d'un équivalent d'eau, ou, en d'autres termes, une fixation d'oxygène et d'hydrogène dans les proportions de l'eau. La diastase, la salive, la chaleur, les acides, ne sont que les agents à l'aide desquels la cause prochaine se réalise. *Pourquoi* l'union chimique de l'eau et de l'amidon engendre-t-elle du sucre ? C'est là le secret de la vie végétale. Au temps de l'alchimie on pouvait se poser des questions de cette nature ; le chimiste de nos jours se garde bien de les évoquer. Il connaît les conditions de cette union, il peut la réaliser quand il lui plaît ; n'est-ce donc rien, et n'a-t-il pas le droit de s'enorgueillir ? Telles sont aussi les limites de sa puissance.

Que la médecine entre donc résolûment dans sa véritable voie, et qu'elle soit franchement étiologique. La recherche des causes accessibles, tel doit être le but constant de ses efforts. En physiologie et en pathologie, l'objet de l'étude est le même, les méthodes d'investigation ne sauraient différer. La physiologie et la pathologie ne sont que les deux points de vue différents d'une science plus générale qui les contient l'une et l'autre : la biologie.

Il semble qu'il suffise d'énoncer un pareille proposition pour en faire éclater l'évidence. Il ne manque pourtant pas de médecins qui cherchent à se défendre contre ce qu'ils considèrent comme un envahissement. Tout en reconnaissant (comment pourraient-ils le nier ?) que les progrès récents de la physiologie ont éclairé d'un jour nouveau beaucoup de

questions jusqu'alors obscures, et imprimé à la médecine un véritable progrès, ils n'acceptent son tribut qu'à titre de secours auxiliaire; et lorsqu'on affirme que la science des maladies n'est qu'un rameau de la biologie, ils protestent que la pathologie est une science distincte, ayant non-seulement son autonomie, que personne ne lui conteste, mais encore ses principes, ses lois et ses méthodes. Ils s'efforcent de démontrer que la physiologie s'occupe des phénomènes, tandis que la pathologie est plutôt inductive qu'expérimentale ; que la fonction troublée ne constitue pas la maladie, que la maladie est une fonction nouvelle, et que la pathologie échappe ainsi à la biologie. Cette idée n'est qu'un legs du passé. La séparation des deux domaines, que quelques-uns semblent regarder comme désirable, serait au contraire des plus préjudiciables aux progrès futurs de deux sciences qui se prêtent un mutuel appui. Il y a là un malentendu. La physiologie et la pathologie ne font que catégoriser les phénomènes; ces deux expressions ne représentent que des créations de notre esprit, que des divisions plus ou moins factices, nécessaires à l'analyse des phénomènes. En réalité, les phénomènes de la vie normale ou morbide et les lois auxquelles ils obéissent se tiennent par les liens les plus étroits. Tout obscurs qu'ils fussent, les faits de la pathologie ont été tout d'abord le domaine et le patrimoine propre de la médecine. L'étude et la connaissance des phénomènes de la vie normale ne sont venues que plus tard. Sans doute la pathologie constitue un vaste champ d'expériences, en quelque sorte toutes préparées, dans lequel la physiologie a déjà fait et doit faire encore d'abondantes moissons, mais n'est-il pas incontestable que le rapport est aujourd'hui renversé ? Il l'est dans les faits; il l'est à bon droit, et depuis longtemps, dans l'enseignement.

Quant aux procédés et aux méthodes, n'est-ce pas se tromper étrangement que de supposer qu'ils puissent différer dans l'une et dans l'autre de ces deux sciences ? Que les faits vitaux soient de l'ordre de ceux que nous caractérisons par l'expression d'*état normal*, ou, par opposition, par celle d'*état anomal*, le but que poursuivent ces deux sciences est-il donc différent ? Ne s'appliquent-elles pas à des éléments qui sont les mêmes ? Que cherchent-elles à connaître l'une et l'autre, si ce n'est les lois de la vie sous ses formes multiples et dans ce qu'elles ont d'accessible pour nous ?

En médecine, de même que dans toutes les branches de l'activité humaine, la pratique a devancé la science. Tout ce que peut donner l'observation des malades constitue un précieux héritage, depuis longtemps accumulé dans les archives du passé, et qui va s'accroissant chaque jour. Mais c'est l'investigation anatomique et l'analyse physiologique des phénomènes élémentaires de la matière organisée vivante qui nous permettront de pénétrer de plus en plus dans les mystères de la maladie, et d'asseoir la thérapeutique sur des bases rationnelles. La clinique est à la fois le point de départ et le point d'arrivée.

Il serait plus commode, sans doute, d'affirmer que la pathologie est une science achevée, qui se suffit à elle-même. Mais le médecin digne de ce nom sait bien que la médecine ne finit pas au lit du malade. C'est d'un œil attentif qu'il suit les rapides progrès de la physiologie, car il sait que c'est de ce côté que lui viendra la lumière. Placé en face de l'homme malade, il n'oublie pas que la médecine est l'art de guérir, et il a la conscience de poursuivre utilement ce but suprême.

J. Béclard.

FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON.

M. ERNEST FAIVRE.

Influence des milieux sur la variabilité des espèces.

Aucun fait n'est mieux assuré que celui de la variabilité relative des espèces sous l'influence des conditions extérieures. Les relations normales des organismes et des milieux, les modifications déterminées par les changements dans les conditions d'existence, en témoignent également la réalité.

L'expression de milieux, dont nous nous servons ici, est complexe; elle doit s'entendre de l'ensemble des conditions qui permettent le maintien et la transmission des existences: conditions physiques de chaleur, d'électricité, de lumière, d'humidité; conditions chimiques de l'atmosphère et du sol; conditions climatologiques et géologiques, physiologiques surtout, d'où dépendent les relations de l'être avec le monde extérieur, par l'air qu'il respire, les aliments dont il se nourrit, les circonstances dans lesquelles son activité s'exerce.

La science est loin d'avoir fait la part de chacune de ces influences sur les machines organiques : dans ces questions l'art expérimental est encore à son début; lorsque la solution en sera cherchée avec le concours de l'expérience, elle contribuera certainement d'une manière efficace aux progrès de la question des espèces?

Privés d'un ensemble de connaissances positives, nous avons du moins pour nous guider dans de telles recherches des indications partielles qu'il est possible de réunir et d'interpréter; le règne végétal fournit les plus certaines et les plus nombreuses.

Fixées au sol, dépendantes des actions extérieures qu'elles subissent sans pouvoir s'y soustraire, aptes à être placées et maintenues dans des conditions dont on peut apprécier l'influence, les plantes se prêtent particulièrement aux observations sur l'action du sol et des agents extérieurs, et il est vrai de dire que chaque habitat imprime à la végétation son cachet et sa physionomie : quelques exemples mettront en lumière cette vérité.

Sur les sommités des montagnes, au-dessous de la région des neiges éternelles, l'aspect de la végétation est uniforme et saisissant.

A ces altitudes, les plantes, longtemps cachées sous la neige, ont chaque année une courte durée végétative; tout semble en harmonie dans leur organisme avec la rigueur du climat.

La plante est comme rabougrie ; de l'axe et des rameaux aériens, grêles, rampants, hérissés, disposés en touffes gazonnantes, naissent les feuilles rapprochées, étalées en rosettes; leur limbe est recouvert de poils ou d'un enduit séreux et gluant; sous le sol, le végétal a caché la plus grande partie de ses tiges et de ses rameaux, comme pour les soustraire à la rigueur du milieu, tandis que les racines, allongées, pénétrant profondément à travers les fissures des roches, assurent plus aisément l'alimentation. La floraison, la fécondation, la maturation des graines, sont hâtives chez ces végétaux.

Nous nous souvenons encore des vives impressions que nous ressentîmes lorsqu'il nous fut donné, sur les hautes cimes des Alpes, d'être le spectateur solitaire de ces admirables harmonies.

Les Saules, élancés dans les régions plus basses, sont deve-

nus sur ces roches herbacés et rampants; les Primevères, les Saxifrages, étalent sur la surface du sol leurs rosettes de feuilles; les Airelles, les Rhododendrons, l'Empetrum noir, y étendent leurs rameaux bas et diffus; de plus humbles végétaux, les Mousses, les Lycopodes, les Lichens, cachent sous leurs expansions gazonnantes le sol dénudé (1).

Dans les plaines basses et arrosées, la végétation revêt un tout autre caractère: là croissent des plantes à racines grêles et multipliées, à tiges droites, élancées, souvent fistuleuses, à feuilles larges et distantes, à vigoureux rameaux; le sol est riche, la végétation luxuriante.

Ailleurs, sur les bords de l'Océan, l'aspect des plantes s'est singulièrement modifié; une végétation puissante, des feuilles glauques, charnues, succulentes, glabres ou chargées de poils, forment les traits distinctifs de la flore du littoral.

Les formes des eaux douces se reconnaissent à une élongation particulière, à une laciniation très-caractérisée des racines, des feuilles, et même des fruits, si ces parties sont exposées à l'action des courants.

L'aspect extérieur distingue encore, et les plantes qui se développent péniblement en luttant contre des formes plus vigoureuses, et celles qui ont subi les influences extrêmes de la lumière ou de l'humidité, celles enfin auxquelles les aliments ont fait défaut; ce sont là autant de manières d'être de l'Espèce, de modifications secondes auxquelles on a parfois appliqué les expressions de « naines, ombreuses, faméliques, frimaires », etc.

Les harmonies de l'organisation végétale et des conditions d'existence sont si frappantes, que l'observateur exercé peut souvent indiquer, au seul aspect d'un végétal, le milieu au sein duquel le développement s'est accompli.

Les animaux n'obéissent pas à d'autres lois; leur physionomie, leurs traits distinctifs, sont également en harmonie, non-seulement avec le milieu en général, mais avec les habitat particuliers, tels que les montagnes ou les plaines, la surface des mers ou leurs profondeurs, les eaux douces ou salées, les contrées basses ou élevées, chaudes ou froides, humides ou sèches.

Les cantonnements des animaux dans des habitations et des stations spéciales, les dispositions organiques tant internes qu'externes en harmonie avec ces habitat, sont presque un lieu commun en histoire naturelle; il y a longtemps que Buffon, pénétré de cette vérité, l'a développée dans un magnifique langage: « Chaque être, écrit-il, a sa patrie naturelle dans laquelle il est retenu par nécessité physique; » chacun est fils de la terre qu'il habite. L'homme est en » tout point l'ouvrage du ciel, les animaux sont à beaucoup » d'égards les productions de la terre. Ceux d'un continent » ne se trouvent pas dans l'autre; ceux qui s'y trouvent sont » altérés, rapetissés, changés souvent au point d'être méconnaissables (2). »

La relation des organismes et des milieux est assurément un fait général et constant, mais quelle en est la portée? Où s'arrêtent les harmonies, et comment en fixer les limites?

Interrogeons de nouveau le règne végétal, et considérons les plantes qui, demeurant dans le même milieu, s'y trouvent soumises à de nouvelles conditions d'existence.

Des Renoncules qui végètent dans les eaux dormantes, et qu'on a pour cette raison nommés batraciennes, ont, comme la plupart des plantes submergées, les feuilles découpées en segments capillaires; que les eaux s'abaissent et se retirent, que la végétation s'accomplisse quelque temps sur le sol découvert, les feuilles nouvelles offriront des segments courts, épais, obtus, et elles pourront redevenir entières.

Dans de semblables conditions, l'influence variée du milieu réalise, chez les plantes aquatiques, un polymorphisme marqué dans la configuration des feuilles. Les Renoncules aquatiques, les Potamogétons, les Myriophylles, les Callitriches, les Naïadées, subissent ces influences: si ces plantes sont submergées et exposées à l'action des courants, leurs feuilles se découpent en segments capillaires; si elles se développent hors de l'eau, leurs tiges sont plus courtes, les segments des feuilles deviennent étroits, charnus, étalés. Les deux types précédents réalisés sous l'influence du milieu s'associent souvent sur des pieds partiellement émergés et submergés; souvent aussi des intermédiaires en rattachent les modifications extrêmes.

A juger d'après les seules apparences extérieures, ces formes diverses se rapporteraient à autant d'espèces, et telle a été l'erreur partagée par un grand nombre de naturalistes. L'observation comparative suffit cependant pour lever les doutes, et établir que la même espèce aquatique peut présenter des modalités diverses, des formes secondaires, suivant qu'elle est submergée ou émergée, plongée dans des eaux stagnantes ou rapides (1). Les exemples qui suivent ne laisseront pas de doute sur la réalité de ces changements par le fait des milieux: on dirait que la nature elle-même se plaît à en donner la démonstration expérimentale.

Les feuilles de la Sagittaire offrent deux formes distinctes: hors de l'eau, elles ont l'apparence d'un fer de lance; submergées, elles deviennent spatulées ou linéaires; si la Sagittaire est entièrement submergée, elle devient stérile, les stomates disparaissent à la face supérieure de ses feuilles.

La forme terrestre du *Polygonum amphibium* a les feuilles pubescentes et rudes, lancéolées, brièvement pétiolées, couvertes de stomates sur les deux faces; la forme aquatique de la même plante offre des feuilles glabres, longuement pétiolées et obtuses, dépourvues de stomates à la face supérieure. L'action du milieu est ici tellement évidente, qu'il n'est pas rare de rencontrer sur la même plante les deux formes caractéristiques, lorsqu'aux diverses époques de la croissance la plante s'est trouvée alternativement dans l'eau ou hors de l'eau (2).

Le *Pontederia crassipes* offre, à la base de ses feuilles flottantes, des vessies natatoires qui les maintiennent à la surface; que la plante, fixée à un sol ferme, y plonge ses racines, sa vigueur s'augmente, les pétioles s'allongent, les vésicules natatoires disparaissent, les fleurs se forment et s'épanouissent.

(1) Cons., sur la physionomie de la végétation alpestre: Faucher Prunelle, *Coup d'œil sur la végétation des Alpes dans ses rapports avec les climats* (*Session du congrès scientifique de France à Grenoble*, 1857, p. 311 à 352).

(2) Buffon, *op. cit.*, t. X, p. 2: *Histoire du Lion.*

(1) Cons. pour les exemples de formes produites par les changements de milieu, et prises à tort pour des espèces, l'excellente *Flore des environs de Paris*, par MM. Cosson et Germain, 2e édition. Paris, 1861, p. 14, 106, 604, etc.

(2) Cosson et Germain, *op. cit.*, p. 570; et Kareltschikoff, *Sur répartition des stomates*, mémoire analysé dans le *Bulletin de la So botanique*, t. XIV, 1867, p. 66.

Chez le *Jussiæa grandiflora*, observé par M. Martins, le milieu provoque et réalise des changements plus complets : dans l'eau, les nœuds de la tige sont garnis de racines aérifères et filiformes ; sur un terrain sec, ces racines cessent de se développer, le port du végétal se modifie. Les feuilles, réduites, se couvrent de poils blanchâtres ; des branches courtes, non ramifiées, à feuilles très-petites, remplacent les rameaux florifères ; les fleurs, moins nombreuses, se montrent plus hâtives dans leur évolution (1).

Les plantes grimpantes offrent aussi une singulière aptitude à se modifier par le fait de changements dans les conditions extérieures.

Fixé à un support, le Lierre s'y attache par des crampons nombreux et s'allonge ; que le support fasse défaut, les rameaux se raccourcissent en augmentant de vigueur, les crampons cessent de se développer à leur surface. Le Lierre grimpant était stérile ; devenu buissonnant, il se met à fruit (2).

La sécheresse ou l'humidité provoquent aussi des changements. Sous l'influence de la sécheresse, la taille se réduit, une pubescence abondante couvre les feuilles plus petites et à peine divisées ; l'humidité, au contraire, accroît la taille, développe, grandit les feuilles, allonge les pédoncules et les fruits. Un botaniste habile, M. E. Fournier, a très-bien observé ces modifications sur une Crucifère, le *Sisymbrium pumilum*, et en a fait avec raison ressortir l'importance (3).

L'observateur qui suit dans les stations variées des localités qu'ils habitent les individus d'une même espèce, est mis à même d'apprécier l'action des milieux.

A quelque distance des marais salants, l'Atriplex à larges feuilles ne ressemble pas à la même plante développée sur les terrains salifères.

La ressemblance s'accuse, le type maritime se marque davantage, à mesure que la plante est recueillie dans des stations plus rapprochées des marais (4).

Curieux d'observer ces influences des stations, nous nous sommes proposé de les suivre chez la Brunelle commune : dans les lieux secs et élevés des Alpes, nous avons observé des individus dont l'aspect, la taille, le développement, sont ceux des formes alpestres ; dans les prairies basses et marécageuses, l'espèce se présente avec une autre physionomie : le système souterrain est réduit ; les tiges, grêles et allongées, couchées sur le sol, y sont maintenues par des racines adventives, développées à chaque entre-nœud ; sur les prairies élevées, arrosées par les torrents, on rencontre une forme rampante caractérisée par la vigueur de ses nombreux rejets latéraux et l'abondance de ses fleurs ; dans les bois, la Brunelle offre une forme ombreuse caractérisée par la longueur du pédoncule floral et la richesse de l'inflorescence.

La plante se modifie avec le milieu dans ses traits accessoires, mais ses caractères essentiels demeurent ; la culture a levé à cet égard les doutes que nous avions pu concevoir.

Les changements que provoquent, dans les conditions d'existence d'un végétal, les naturalisations et les acclimatations, en mettant en jeu la variabilité, permettent d'apprécier l'influence des milieux et la mobilité des organismes.

Le Blé de miracle, semé dans l'Aveyron, n'a pu y conserver son inflorescence caractéristique : la couleur de ses graines a changé (1) ; sous le climat du Cap, la Vigne d'Europe s'est modifiée dans sa nature et ses produits ; le Cerisier est devenu à Ceylan un arbre toujours vert (2). Il en est de même pour le Pêcher, au Para. Sous l'Équateur, les plantes potagères d'Europe ont changé de caractère et d'aspect ; leurs organes végétatifs ont pris un développement rapide et extrême ; la floraison s'est appauvrie, la propagation altérée, la maturation des graines a été rare et improductive (3).

L'influence d'un climat nouveau modifie souvent la durée et la constitution des plantes : l'Érythrine crête-de-coq est un arbre dans le nouveau continent, elle devient une herbe sous le climat de Paris ; le *Cobœa scandens*, le *Phytolacca*, herbacés dans nos contrées, sont ligneux sur le sol africain ; le Réséda, annuel chez nous, est un arbuste en Égypte.

On aurait beaucoup à attendre pour la détermination rationnelle de l'influence des milieux, de la culture des plantes en dehors de leurs stations et de leurs habitations. C'est par des expériences de ce genre que l'habile directeur du jardin de Grenoble a vu le Céraiste des Alpes reprendre la livrée du Céraiste des champs, et la Bétoine hérissée des hauts sommets se rapprocher, en modifiant ses caractères, de la Bétoine officinale (4).

Si les changements de milieu exercent sur certains traits de l'organisme une incontestable influence ; si, les conditions demeurant les mêmes, la constitution nouvelle peut être héréditairement transmise, il en résulte cette conséquence dont les botanistes ne révoqueront pas en doute la portée : à chaque type spécifique on peut rattacher des formes secondaires dérivées, produites par les influences des milieux ; si l'on en méconnaît l'origine, on sera conduit à les considérer comme espèces légitimes, tandis qu'elles sont seulement l'expression de la flexibilité organique.

Cette erreur a été trop souvent commise : l'expérience seule peut la découvrir et la rectifier. Que les observateurs soucieux de la rigueur de la science essayent de rattacher, autant qu'ils le pourront, à la connaissance d'un type bien défini l'étude de ses formes secondaires, dépendantes du milieu ; qu'ils se proposent de découvrir par l'observation et l'expérience les formes alpestres, naines, ombreuses, maritimes, aquatiques, de certains types bien déterminés, ils rendront à la science un incontestable service. De Candolle, dans sa théorie alimentaire, a depuis longtemps indiqué cette voie ; malgré les conseils et l'exemple de MM. Decaisne et Naudin, trop peu de botanistes ont tenté de la suivre : l'analyse facile des caractères a toujours prévalu ; l'observation empirique l'a emporté le plus souvent sur la critique établie d'après les bases de la culture et de l'expérience.

On a donné de nos jours une portée considérable au principe de l'influence des milieux ; emprunté à l'histoire naturelle, il a été appliqué tour à tour à la médecine, à la législa-

(1) Ch. Martins, *Observations sur le* Jussiæa grandiflora (*Bulletin de la Société botanique de France*, t. XIII, p. 176).

(2) Carrière, *Entretiens sur l'horticulture*, p. 253.

(3) E. Fournier, *Recherches anatomiques et taxonomiques sur la famille des Crucifères*, thèse (Paris, 1865).

(4) Godron, *De l'espèce et des races chez les êtres organisés*. Paris, 1859, t. I, p. 118.

(1) *Société agricole de l'Aveyron*, 1838, p. 4-6.

(2) A. de Candolle, *Géographie botanique*, t. II, p. 147.

(3) Sagot, *Végétation des plantes potagères d'Europe sous l'Équateur* (*Bulletin de la Société botanique*, 1862, p. 147).

(4) Communication de M. Verlot.

tion, à l'histoire civile, à la littérature et aux arts; on a voulu y découvrir le secret des caractères, des écrits, des mœurs de l'homme individuel ou social. Laissons ces thèses qui n'appartiennent point à la science positive, et, revenant à l'histoire de la nature, insistons de nouveau pour montrer que l'influence des milieux sur les êtres organisés, et dans les conditions actuelles d'existence, est réelle, incessante, qu'elle est pour l'Espèce une source de variations, mais de variations limitées.

Comme les plantes, les animaux sont modifiés par les changements dans les conditions d'existence. Cuvier accepte cette vérité lorsqu'il écrit: « Le développement des êtres organisés » est plus ou moins prompt, plus ou moins étendu, selon que » les circonstances lui sont plus ou moins favorables. La » chaleur, l'abondance et l'espèce de la nourriture, d'autres » causes encore, y influent, et cette influence peut être géné» rale sur tout le corps, ou partielle sur certains organes (1). » L'illustre naturaliste parle, comme toujours, d'après l'autorité des faits : il avait suivi chez le Renard l'action successive de ces influences du milieu ; il avait constaté chez cette espèce, du nord de l'Europe jusqu'à l'Égypte, sept ou huit modifications si intimement rattachées, si bien liées aux conditions des climats, qu'il les avait considérées comme l'expression de changements réalisés par les influences extérieures. La même vue dirigeait Geoffroy Saint-Hilaire lorsqu'il a réuni le Chacal des Indes et celui du Sénégal, rattachés par des nuances intermédiaires; on sait, du reste, combien Geoffroy est à l'abri du reproche d'avoir fait une trop minime part aux agents extérieurs comme modificateurs de l'organisme (2).

L'influence du milieu sur l'animal est indiquée par des faits directs et probants.

Considérons les animaux transportés sous des climats plus chauds : leur pelage se modifie sensiblement et s'appauvrit. Si les tentatives pour obtenir de la laine dans les Indes occidentales ont été infructueuses, c'est parce que, s'adaptant au climat chaud de ces contrées, les animaux perdent leur laine et se couvrent de poils. En Guinée, les moutons sont couverts, comme les Chiens, d'un poil clair ou noir; il en est de même des environs d'Angora.

M. Roulin rapporte qu'en Colombie le Poulet vient au monde pourvu d'un duvet noir et fin, et demeure ensuite presque complétement nu.

Les climats froids modifient, en sens opposé, le système tégumentaire. Au témoignage de l'évêque Herber, les Chevaux et les Chiens conduits de l'Inde dans les montagnes y sont bientôt couverts de laine, comme la Chèvre à duvet de ces climats.

L'influence des milieux sur la laine a une importance industrielle, aussi a-t-elle été l'objet de quelques études auxquelles nous pouvons emprunter des indications intéressantes. En Espagne, les Moutons mènent une vie rustique, leur laine est souple, moelleuse et corsée ; en Russie, elle est sèche et dure ; en Australie, lorsqu'ils vivent en plein air, dans les steppes, les Moutons ont la laine sèche et peu corsée ; sous le climat brumeux de l'Angleterre, les toisons sont âpres et rugueuses. Chez les Moutons d'Europe à laine fine et délicate, la jarre a presque entièrement disparu ; au Sénégal, en Guinée, elle s'est exclusivement développée. Les toisons changent donc de caractères avec les climats; ainsi peuvent s'expliquer les dépréciations qu'ont subies, malgré tous les soins, les laines des Mérinos transportés dans les diverses contrées (1).

Le milieu n'influe pas seulement sur le pelage, il modifie les formes, la taille, les caractères extérieurs (2) : les bêtes à cornes de l'Europe deviennent plus petites aux Indes orientales ; le Porc acquiert dans les contrées basses ses plus grandes dimensions ; sa taille se réduit avec l'altitude.

Au rapport de Bosman, les Chiens européens, transportés dans la Côte-d'Or, s'y modifient d'une manière étrange : ils n'aboient plus, ils hurlent et glapissent ; la queue s'allonge, les oreilles se redressent comme chez la race native.

Les Bœufs introduits au cap de Bonne-Espérance par les colons hollandais étaient lourds et paresseux ; sous le climat nouveau, ils sont devenus d'excellentes bêtes de course et de trait.

Depuis qu'on a établi en Angleterre et en France des jardins d'acclimatation, les changements par l'influence du milieu s'y sont réalisés presque sous nos yeux.

On a vu, au Jardin d'acclimatation de Paris, les animaux originaires des contrées chaudes se couvrir, pour résister au froid, de poils abondants plus fournis d'hiver en hiver. Deux Moutons du Sénégal, à poils ras à leur arrivée, étaient recouverts et protégés, deux ans après, par un poil long et frisé ; des Mouflons à manchettes, également amenés d'Afrique, avaient subi de pareils changements. Depuis leur introduction au jardin, les Agoutis on pris un pelage plus foncé; il est devenu plus long et presque noir chez plusieurs Manicous, originaires des Antilles. Les Oiseaux ont offert, dans leur plumage, des modifications analogues (3).

Les établissements d'acclimatation, comme les jardins botaniques, sont des écoles expérimentales qu'il serait précieux d'utiliser en vue de la solution de problèmes qui ont, comme celui qui nous occupe, un incontestable intérêt.

Concluons. Aucune vérité n'est mieux établie en histoire naturelle que l'influence du climat sur les caractères superficiels des espèces animales, la taille, la couleur, les formes, la nature des téguments, des poils qui les recouvrent ; aucune cependant n'a été moins expérimentée et discutée par les naturalistes qui font profession de distinguer, nous allions dire de multiplier les espèces.

Nous avons signaler les faits; il convient d'insister sur que-ques conséquences qui en découlent et se rattachent aux harmonies des êtres et des milieux, au point de vue de la variabilité.

La première est que les animaux et les plantes sont conformés pour vivre dans un milieu déterminé, et que les traits, même secondaires de l'organisme, sont en rapport avec cette adaptation; il faudrait admettre des changements radicaux dans ces machines admirables pour qu'elles pussent vivre dans des milieux absolument différents des milieux originaires : une pareille supposition n'est point admissible; elle n'est en rien légitimée par l'expérience. Tenons donc pour des hypothèses

(1) *Introduction au Règne animal* (*Règne animal*, 1862, t. I, p. 16).
(2) Cons. le mémoire de Geoffroy Saint-Hilaire *Sur l'influence du monde ambiant pour modifier les espèces* (*Mémoires de l'Acad.*, t. XII, p. 63).

(1) Cons. Teyssier des Farges, *Influence des milieux sur la laine* (*Bulletin de la Société d'acclimatation*, 1863, t. X, p. 657).
(2) Cons. Gondrot, *op. cit.*, t. II, p. 6 et suiv.
(3) Rufz de Lavison, *Bulletin de la Société d'acclimatation*, 1863, t. IX, n° 12.

les transformations qui supposent, avec le changement dans les conditions d'existence, un changement radical dans les fonctions et les organes. Nous savons qu'une semblable hypothèse ne trouble pas les partisans de la mutabilité, et qu'avec l'aide des siècles, ils ne voient rien d'impossible à ce qu'un poisson soit devenu oiseau, ou qu'un oiseau se soit élevé à la dignité de mammifère, ou même qu'un mammifère soit monté au rang auguste que nous occupons. Laissons à ceux qui imaginent de si séduisantes transformations, la démonstration et la responsabilité d'une doctrine qui répugne à la dignité humaine et ne s'accorde ni avec la réalité, ni avec l'admirable fixité des lois de la nature.

Mais si les êtres ont en quelque sorte un milieu absolu avec lequel ils sont en harmonie, ils trouvent aussi dans ce milieu des conditions variées et comme des milieux secondaires et relatifs. C'est ainsi que les plantes des eaux douces peuvent être émergées ou submergées, plongées dans des eaux vives ou stagnantes, fixées à la surface ou dans les profondeurs, attachées au rivage, ou flottantes dans le milieu liquide ; ainsi les espèces animales conformées pour la natation ou le vol peuvent habiter dans le milieu général des stations particulières que caractérisent des différences dans les températures, les courants, les altitudes, ou d'autres influences météorologiques.

Dans ces conditions, l'action du milieu n'est plus invraisemblable, l'Espèce peut vivre en s'adaptant. Cette adaptation n'est plus une hypothèse, elle est l'expression d'un ensemble de faits.

Dans le même milieu, d'une station à une autre, il est possible d'observer la série des modifications par lesquelles passe l'animal ou la plante, pour se mettre en harmonie avec des conditions d'existence nouvelles, et résister à la destruction ; ainsi s'expliquent les formes, les nuances intermédiaires si fréquentes chez les espèces modifiées et propagées par nos soins.

L'adaptation se révèle encore par la similitude extérieure des êtres placés dans les mêmes conditions et par les changements analogues que présentent ceux qu'on soumet aux mêmes influences ; de là, pour chaque population animale ou végétale dans des conditions déterminées, un cachet déterminé et comme une même livrée.

En acceptant ces faits et en cherchant leur signification, on est conduit à constater que l'Espèce est flexible et variable en des limites qu'il appartient à l'expérience de déterminer, à reconnaître qu'elle peut, dans ces limites, s'adapter aux conditions d'existence.

Mais ce serait conclure au delà des conséquences qu'autorisent les connaissances actuelles, que de conjecturer, des adaptations à la mutabilité, de l'influence relative des milieux à leur influence absolue. Autant que nous pouvons en juger par les expériences réalisées incessamment sous nos yeux, les agents extérieurs ne changent l'essence d'aucun type organique ; ils en modifient seulement les traits secondaires, la taille, les formes, les couleurs, les appendices, en un mot, les caractères d'enveloppe et les rapports ; les traits distinctifs, essentiels, demeurent, lors même que les modificateurs ont agi pendant un temps considérable : les Céréales chez les végétaux, et dans le règne animal le Bœuf et le Cheval, n'en sont-ils pas de frappants exemples ?

Les partisans de la mutabilité répondront sans doute que les actions de milieu, dans nos conditions d'existence, ne sont rien au prix de celles qui ont dû agir dans les périodes géologiques antérieures, et que le temps, cette puissance sans bornes, en a accumulé, multiplié les effets. C'est là une conjecture, et nous ignorons ce qui s'est passé dans le lointain des âges ; ce que nous savons, c'est qu'il est au pouvoir de l'homme de réaliser avec quelque continuité, pour les animaux ou les plantes, des changements profonds dans les milieux ; et qu'il n'est pas résulté, de l'exercice répété de ce pouvoir, quelque transformation des types dont on puisse apporter la preuve incontestable. Mais c'est trop s'arrêter à des possibilités ; revenons à l'action des milieux, et indiquons par quelques exemples la nature des corrélations qui peuvent exister entre les conditions extérieures et les actes physiologiques.

Lorsque les animaux ou les plantes doivent vivre dans un milieu froid, leurs téguments se modifient pour servir à la résistance et à la protection : l'épiderme se couvre de poils et d'un enduit séreux ; les feuilles s'épaississent, et se resserrent en rosettes ; la tige et les rameaux, bas, diffus, étalés, semblent se cacher sous le sol ; chez l'animal, la taille diminue, la graisse s'accumule, l'épiderme devient épais, la fourrure abondante.

Des modifications opposées se produisent sous les climats brûlants. L'humidité ou la sécheresse, la richesse ou l'insuffisance de l'alimentation, façonnent également l'Espèce suivant d'autres directions.

Mais quelles que soient les adaptations réalisées, les agents extérieurs et les milieux n'interviennent pour les produire qu'à titre de causes occasionnelles ; les forces organiques atteignent seules les résultats par le jeu des harmonies physiologiques ; elles manifestent ainsi avec évidence l'aptitude primordiale à la variabilité.

Ce qui se passe en grand dans l'économie générale de la nature, se passe dans le corps humain soumis aux influences périodiques des saisons, du sexe et de l'âge : il réagit et s'adapte. Les expérimentateurs ont été frappés de ces adaptations fonctionnelles, lorsqu'ils ont analysé les effets produits sur nos organes par l'abaissement et l'élévation de la température, lorsqu'ils ont porté leur attention sur l'admirable mécanisme à l'aide duquel nous pouvons résister à des températures extrêmes (1). Si l'on médite sur ces faits, on apprendra comment l'adaptation, qui a pour but la conservation de l'être, se réalise par le jeu de certaines subordinations et coordinations fonctionnelles.

De même que l'équilibre physiologique et l'état des organes changent périodiquement en nous avec les actions de milieu, et que par là la résistance aux modifications du dehors est rendue possible ; de même les animaux et les plantes ont l'aptitude de s'adapter, lorsque leurs conditions normales de vie viennent à changer en certaines limites : il est même tel organe des plantes, les racines, par exemple, chez lesquelles le but et les manifestations de l'aptitude que nous signalons peuvent être l'objet d'une analyse du plus haut intérêt.

Les racines s'allongent ou se raccourcissent, se réunissent ou se divisent, multiplient ou réduisent leurs bouches absorbantes, selon la fertilité ou la stérilité du sol. Elles varient

(1) Cons. Longet, *Physiologie*, t. I, 2e partie, p. 1122 et suiv. — Gavarret, *De la chaleur produite chez les êtres organisés*. Paris, 1855, 1 vol.

leurs formes, leurs rapports, leurs directions, suivant que la terre où elles vont puiser la nourriture est dure ou tendre, forte ou légère, humide ou sèche, riche en argile ou en sable. Si le sol est compacte, elles restent courtes; elles s'allongent s'il est perméable; si elles viennent à flotter dans l'eau, elles s'y divisent en filaments capillaires. De semblables adaptations ont paru si merveilleuses aux observateurs, que plusieurs ont songé à admettre dans la plante un instinct conservateur (1).

Tel est le principe d'adaptation aux conditions d'existence; signalons quelques-uns des traits généraux de cette loi fondamentale qui domine la question de la variabilité des types.

L'adaptation paraît plus générale et plus facile dans le règne végétal : les végétaux, inertes, passifs, subissent l'influence du milieu; les animaux, mobiles, peuvent s'y soustraire.

L'adaptation est plus marquée chez les êtres dont la distribution géographique est moins spéciale et plus étendue; elle est plus difficile chez ceux dont l'habitat est restreint et le maintien étroitement lié à des conditions déterminées.

Les espèces ébranlées, celles dont le type est assoupli par la domestication, sont également plus aptes à se plier aux exigences du milieu.

Le transport sous d'autres climats, surtout chez les espèces déjà modifiées, met activement en jeu la puissance de la variabilité accommodative; l'acclimatation, par ses mécomptes comme par ses succès, en traduit les vicissitudes.

Acclimater, n'est-ce pas modifier par un changement de milieu les conditions normales d'existence, et réaliser l'adaptation de l'organisme à un milieu nouveau? Les animaux et les plantes s'acclimatent à condition de s'adapter, et ils s'acclimatent d'autant plus aisément, que les circonstances nouvelles diffèrent moins des circonstances normales, qu'ils sont doués eux-mêmes, ou qu'ils ont acquis par le fait de l'homme une plus grande flexibilité (2).

Ainsi les changements qu'imprime l'influence des milieux permettent le maintien des types, et l'adaptation est liée à leur conservation. Telle est la raison facile à saisir de la variabilité accommodative, assez puissante pour soustraire les formes organiques à des causes incessantes de destruction.

Si l'influence des milieux agit dans le sens du maintien, par l'adaptation des formes organiques, doit-on en conclure à la toute-puissance du milieu sur l'être et à la mutabilité absolue? Il n'est ni rationnel, ni conforme à l'expérience de soutenir cette question.

L'action du milieu est relative et exceptionnelle; elle ne s'exerce pas sur tous les êtres; elle ne provoque pas aisément, à l'état de nature, et en dehors des circonstances ou du concours de l'homme, des variations et des races : nous aurons ultérieurement à confirmer cette proposition en la développant.

L'action du milieu, limitée quant à sa généralité et à sa fréquence, ne l'est pas moins quant à la valeur des modifications qu'elle imprime; elle ne s'exerce point sur les organes essentiels, pour en changer les formes, le jeu, les dispositions relatives, elle manifeste son influence sur les caractères extérieurs; et son action la plus intime consiste à réaliser un équilibre en rapport avec les conditions nouvelles.

Le plus souvent l'être soumis à l'action du milieu se maintient sans changements, ou succombe; s'il s'adapte, c'est par suite de modifications dans les touches accessoires ou dans quelques harmonies fonctionnelles; nous n'avons aucune preuve que l'action des milieux ait jamais déterminé la transformation d'un organisme.

Le passé est muet à cet égard, et les enseignements de l'expérience, dans les conditions actuelles d'existence, ne donnent guère créance à une opinion aussi absolue.

ERNEST FAIVRE.

(1) Cons. Duchartre, *op. cit.*, t. I, p. 197-198.

(2) Cons. sur ce sujet un travail de M. Gubler, intitulé : *Préface d'une réforme des espèces* (*Bulletin de la Société botanique*, 1862).

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

LECTURES DU VENDREDI SOIR.

M. W. ODLING (1)

(de la Société royale de Londres).

L'Absorption des gaz par les métaux.

I. — Les observations de M. Deville sont les premières qui nous aient montré que le platine homogène et le fer, portés au rouge, acquièrent la propriété remarquable d'être perméables au gaz hydrogène ; cette qualité, d'ailleurs, n'est en aucune façon spéciale à ces deux métaux, et M. Graham a constaté qu'elle était possédée à un bien plus haut degré encore par le palladium, même à des températures très-inférieures à la température rouge.

Un tube de palladium dans lequel on a fait le vide reste encore parfaitement vide au rouge, quand il est entouré par de l'air atmosphérique ; dans une atmosphère d'hydrogène, il reste vide à 100 degrés ; mais, à 240 degrés, une certaine quantité de gaz pénètre dans son intérieur ; puis, à 250 degrés et jusqu'à une température un peu au-dessous du rouge, l'hydrogène passe d'une manière constante et en quantité considérable dans le tube, où le vide est entretenu au moyen de la pompe de Sprengel. Si le tube, dans les mêmes conditions, est entouré de gaz d'éclairage, l'hydrogène libre qui s'y trouve passe seul dans l'intérieur, et les autres corps qui constituent le gaz ne pénètrent pas plus à travers le palladium chauffé qu'ils ne pénètrent, dans d'autres expériences, à travers le platine incandescent.

Le passage de l'hydrogène à travers la matière même de ces divers métaux offre un caractère tout à fait différent de celui que présentent les gaz en général dans les phénomènes physiques de transpiration et de diffusion. Il dépend évidemment de rapports spéciaux entre le gaz considéré et le métal, et M. Graham a montré que le phénomène était précédé d'une absorption de gaz dans la substance même du métal.

II. — On chauffe au rouge un fil de platine (le métal ayant été fondu, puis solidifié), et on le laisse refroidir dans un courant de gaz hydrogène sec. Après refroidissement, on l'expose à

(1) Voyez une autre conférence de M. W. Odling sur les travaux de M. Graham relatifs à la *diffusion des gaz*, et une note de M. Graham *sur les gaz du fer météorique*, dans la *Revue des cours scie*[illegible] tome IV, pages 461 et 464, 15 juin 1867.

l'air libre pendant quelques instants; puis on le place dans un tube de porcelaine ou de verre infusible, dans lequel on fait ensuite le vide au moyen de la pompe de Sprengel. Une fois le vide obtenu, on chauffe le tube au rouge, et le platine qu'il contient commence et continue à laisser échapper du gaz hydrogène qui est enlevé par la pompe. La quantité de gaz hydrogène mesuré froid s'élève à 21 pour 100 du volume du fil de platine. L'absorption, d'ailleurs, ne dépend pas de la surface du métal; pour le prouver, on prend un fil quatre fois plus long que le précédent, ou plutôt on fait traîner le même fil d'une longueur quatre fois plus grande, et l'on répète la même expérience. On trouve que l'absorption non-seulement n'a pas augmenté, mais encore qu'elle a légèrement diminué, car elle ne s'élève plus qu'à 17 pour 100.

Pour se rendre compte de l'influence de la texture du métal sur le phénomène, on répète la même expérience avec de l'éponge de platine, et l'on trouve qu'elle absorbe, puis laisse échapper 148 pour 100 de son volume de gaz hydrogène. On a fait encore des expériences avec le platine ordinaire du commerce forgé à l'aide du marteau; un fragment en particulier absorba, dans trois expériences successives, 553, 493 et 383 pour 100 de son volume d'hydrogène mesuré froid, ce qui donne une moyenne de 476 pour 100. Par conséquent, le platine, sous cette forme intermédiaire, plus poreux que le platine fondu, mais plus compacte que l'éponge, est celui qui jouit des propriétés absorbantes les plus considérables. En nombres ronds, 1 volume de ce platine absorbe environ 5 volumes d'hydrogène, qui, à la température de l'expérience, doivent s'élever environ à 15 volumes. Maintenant, pour comprimer 15 centimètres cubes d'hydrogène, par exemple dans l'espace d'un centimètre cube, il faudrait une pression de 15 atmosphères. Mais, dans l'expérience, les 15 centimètres cubes d'hydrogène étaient condensés, non pas seulement dans un espace d'un centimètre cube, mais dans un espace de cette capacité que le platine lui-même paraissait occuper en totalité, et dont les pores seuls restaient libres. De sorte qu'en évaluant le volume des pores du platine à environ 1 pour 1000 de son propre volume, la condensation de l'hydrogène dont nous avons parlé plus haut correspondra à celle qui serait produite par une pression de 15 000 atmosphères.

Pour montrer la force avec laquelle l'hydrogène est retenu par le platine, on fait absorber le gaz par un fragment de ce platine, et on le chauffe d'une manière graduelle dans un tube vide. Après une exposition d'une heure, à une température de 220 degrés, aucune particule gazeuse ne s'était échappée du métal. Aucun dégagement ne s'était encore produit à une température un peu inférieure à celle du rouge visible. A une température suffisante pour ramollir le verre (environ 500 degrés), on recueille $1^{cc},72$ d'hydrogène en dix minutes, et, en chauffant le métal pendant une heure, dans un fourneau à combustion, on recueille encore $8^{cc},20$ d'hydrogène; ce qui fait en tout $9^{cc},72$, ou 379 pour 100 du volume du platine soumis à l'expérience. Le même fragment de platine chargé d'hydrogène fut conservé deux mois, enfermé dans un tube de verre qu'il remplissait presque complétement. Au bout de ce temps, on ne trouva pas dans le tube trace d'hydrogène, ce qui montrait qu'aucune molécule gazeuse ne s'était échappée du platine. L'absorption de l'hydrogène par le platine se fait à une température bien inférieure à celle qui est nécessaire pour forcer le gaz à se dégager. Ainsi, une feuille de platine qui absorbe 76 pour 100 de son volume à 100 degrés, en absorbera 145 pour 100 à 230 degrés.

III. — Le palladium est un métal qui semble se comporter avec l'hydrogène d'une manière tout exceptionnelle. Une feuille de palladium maintenue à une température qui ne dépasse pas 245 degrés, et qu'on laisse se refroidir lentement dans un courant de gaz hydrogène, quand on la chauffe ensuite dans le vide, ne dégage pas moins 52 600 pour 100 ou 526 fois son volume de gaz, pendant un quart d'heure; et cette température, relativement basse, est même plus élevée que celle qui est la plus favorable à l'absorption du gaz. Cette feuille métallique, en effet, maintenue pendant trois heures à une température variant entre 90 et 97 degrés, puis soumise à un refroidissement très-lent pendant une heure et demie, absorbe 643 fois son volume d'hydrogène mesuré froid. Même à la température ordinaire, ce métal absorbe 376 fois son volume, pourvu qu'il ait été récemment chauffé dans le vide à une haute température. L'éponge de palladium, chauffée à 200 degrés dans un courant d'hydrogène, puis soumise ensuite à un refroidissement très-lent, ne dégage pas moins de 686 fois son volume de gaz. Si l'absorption par du platine incandescent de 5 fois son volume d'hydrogène est déjà difficile à comprendre, vous pouvez juger combien il est plus difficile encore d'expliquer l'absorption de 5 à 600 fois son volume d'hydrogène par du palladium chauffé à une température modérée. Néanmoins la conservation d'une aussi grande quantité de gaz n'est pas absolue, parce qu'une certaine portion de l'hydrogène condensé se dégage peu à peu par suite de l'exposition du palladium à l'air. L'hydrogène condensé dans le palladium peut exercer ces actions réductrices particulières qui, dans les circonstances ordinaires, ne peuvent se produire que si le gaz se trouve, suivant l'expression consacrée, à l'état naissant. Ainsi le palladium, lorsqu'il a absorbé de l'hydrogène, réduit très-promptement le permanganate de potasse, décolore l'empois d'amidon iodé, donne un précipité de bleu de Prusse dans le ferrocyanure ferrique, etc. De plus, le pouvoir d'absorption du palladium se manifeste d'une manière différente, suivant les liquides avec lesquels on le met en contact. Ainsi, 1000 parties en volume de palladium en feuilles absorbent une partie d'eau, $5\frac{1}{2}$ d'alcool et $1\frac{1}{2}$ d'éther : résultats qui montrent une élection spéciale du métal pour ces différents liquides.

IV. — L'absorption de l'hydrogène par le *cuivre* incandescent, à l'état de fil, s'élève à 30 pour 100, et, à l'état d'éponge, à 60 pour 100. L'*or*, sous la forme de cornets d'essai, peut absorber 48 pour 100 d'hydrogène, 29 pour 100 d'oxyde de carbone, 16 pour 100 d'acide carbonique, et 20 pour 100 d'air ; mais dans ce dernier cas, c'est presque uniquement l'azote qui se trouve absorbé. Avant de provoquer l'absorption des différents gaz dont nous venons de parler, il est nécessaire de chauffer pendant un certain temps les cornets d'or dans le vide, afin d'expulser le gaz qu'ils ont spontanément absorbé dans le moufle. Celui-ci, qui peut être regardé comme le gaz propre aux cornets, s'élève à 212 pour 100, et se compose surtout d'hydrogène et d'oxyde de carbone. L'*argent* se distingue des métaux précédents parce qu'il absorbe de préférence l'oxygène. Dans différentes expériences, on a trouvé qu'un fil d'argent chauffé au rouge absorbait 74 pour 100 en volume d'oxygène et près de 21 pour 100 d'hydrogène ; à l'état d'éponge, il ab-

sorbe 722 pour 100 d'oxygène, 92 pour 100 d'hydrogène, 52 pour 100 d'acide carbonique et 15 pour 100 d'oxyde de carbone. Une feuille d'argent portée au rouge, au contact de l'air, absorbe 137 pour 100 d'oxygène et 20 pour 100 d'azote. On voit donc que l'air atmosphérique contenant 21 pour 100 d'oxygène, l'air absorbé par l'or n'en contient guère que 5 pour 100, et l'air absorbé par l'argent n'en renferme pas moins de 85 pour 100.

V. — Le *fer*, qui possède un pouvoir absorbant médiocre pour l'hydrogène, est spécialement caractérisé par les grandes quantités d'oxyde de carbone qu'il est susceptible d'absorber. Un fil de fer ordinaire, nettoyé avec soin, et chauffé dans le vide pour expulser le gaz qu'il peut contenir dans ses pores, absorbe, quand on le chauffe dans différents gaz, 46 parties pour 100 en volume d'hydrogène, et 415 pour 100 d'oxyde de carbone. Le gaz spécial au fer du commerce, dont la nature dépend d'ailleurs de la forge dans laquelle il a été chauffé, est surtout formé d'oxyde de carbone ; et, dans les différentes expériences qui ont été faites à ce sujet, on a évalué la proportion de ce gaz de 700 à 1250 pour 100 : de telle sorte que, dans le cours des opérations métallurgiques qu'il doit subir, le fer paraît absorber plus de 7 fois son volume d'oxyde de carbone, et il conserve ensuite ce gaz entre ses molécules. La découverte de cette absorption d'oxyde de carbone par le fer jette une vive lumière sur la théorie de l'aciération, à laquelle elle est certainement liée d'une manière très-intime. L'oxyde de carbone (C^2O^2) paraîtrait être réellement absorbé par le fer, et décomposé ensuite, à une température différente, en carbone (C), qui, entrant en combinaison avec le fer, le convertirait en acier, et en acide carbonique (CO^2) qui, en se dégageant, produirait à la surface du fer les espèces d'ampoules qu'on y remarque. Ces connaissances étant acquises, il était très-intéressant de déterminer si le fer des aérolithes contient un gaz spécial, et, dans le cas où il en contiendrait, quelle est la nature de ce gaz ? En conséquence, M. Graham prit 45 grammes, ou, en volume, 6 centimètres cubes de fer météorique, et les chauffa dans le vide pendant deux heures et demie ; il trouva ainsi que ce fer laissait échapper 16cc,5 de gaz, consistant principalement, non en oxyde de carbone, mais en hydrogène jusqu'à concurrence au moins de 85,5 pour 100 de la masse entière du gaz, les 14,5 parties restantes étant formées principalement d'azote et d'oxyde de carbone. De là on doit évidemment conclure que l'aérolithe, à une époque ou à une autre, s'est trouvé à l'état d'incandescence au milieu d'une atmosphère dans laquelle l'élément prédominant était l'hydrogène, et, d'après le volume du gaz recueilli, cette atmosphère d'hydrogène devait être fortement condensée. En effet, sous la pression atmosphérique ordinaire, le fer terrestre absorbe un peu moins de la moitié de son volume d'hydrogène, tandis que ce fer météorique fournit amplement 2 fois $\frac{1}{2}$ son volume d'hydrogène (1). Vous savez sans doute que le P. Secchi, dans sa classification des étoiles d'après leurs spectres, a fait une classe à part de celles qui possèdent un spectre semblable, par tous les caractères essentiels, à celui de l'hydrogène, le type de ces étoiles pouvant être représenté par α de la Lyre.

(1) Voyez le travail de M. Graham dans la *Revue des cours scientifiques*, t. IV, p. 464, numéro du 15 juin 1867.

VI. — En 1823, M. Faraday a établi cette proposition générale : Un gaz n'est pas autre chose que la vapeur d'un liquide volatil, à une température beaucoup plus élevée que celle de l'ébullition du liquide ; et de plus, les points de condensation des différents gaz sont simplement les points d'ébullition des liquides qui les produisent. Or, il est bien reconnu que le point d'ébullition d'un liquide, ou le point de condensation du gaz auquel il donne naissance, n'est pas à une température fixe, mais qu'il varie avec la pression à laquelle le gaz ou le liquide se trouve soumis. Aussi, tous les gaz connus des chimistes, six exceptés, ont-ils été effectivement ramenés à l'état liquide quand on leur a fait subir une augmentation de pression suffisamment grande ; de sorte que la température à laquelle le gaz existe a cessé d'être au-dessus de celle de son point de condensation ou du point d'ébullition correspondant à l'augmentation de la pression. Et, puisqu'un gaz ne peut, sans se liquéfier, être réduit par la pression à un volume moindre que le volume correspondant à la pression nécessaire pour le liquéfier, réciproquement, la réduction d'un gaz à un volume moindre que le volume correspondant à la pression nécessaire pour le liquéfier doit être regardée comme la preuve de sa liquéfaction. Par conséquent, d'après le volume extrêmement petit occupé par l'oxygène, l'hydrogène et l'oxyde de carbone, quand ils sont absorbés, par exemple, par l'argent, le platine, ou le fer, on est conduit à penser (et toutes les probabilités sont en faveur de cette hypothèse) que ces gaz, quoique compris dans la demi-douzaine qu'on n'a jamais pu liquéfier par pression directe, doivent néanmoins se trouver à l'état liquide quand ils sont emprisonnés dans les pores des métaux que nous avons nommés ; dans tous les cas, ils ne peuvent y exister à l'état gazeux.

Quand on considère la nature de cette absorption et la liquéfaction probable des gaz dans les métaux, il y a des faits qui semblent indiquer que le phénomène s'associe avec l'absorption des gaz par leur solution dans les liquides ou dans les solides pâteux auxquels M. Graham a donné le nom de *colloïdes;* et aussi avec leur absorption par condensation dans les pores intimes de quelques solides durs, comme le charbon de bois très-compacte.

WILLIAM ODLING.

— Traduit de l'anglais par P. DELESTRÉE. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

MORT DE M. FLOURENS. — M. Flourens vient de mourir après une longue maladie qui, depuis plusieurs années déjà, le tenait éloigné du monde et de la science. M. Flourens était membre et secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, membre de l'Académie française, professeur au Muséum d'histoire naturelle et au Collége de France, membre du conseil municipal de Paris, etc. On voit qu'il laisse une riche succession scientifique. Des places devenues vacantes par sa mort, la première à laquelle on pourvoira sans doute, c'est celle de secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Les suffrages paraissent devoir se répartir entre M. Claude Bernard, M. Dumas et M. Coste, qui remplit déjà, à titre provisoire, les fonctions de secrétaire perpétuel depuis que M. Flourens a été mis, par l'état de sa santé, dans l'impossibilité d'assister aux séances de l'Académie.

M. Flourens a surtout étudié la physiologie du système nerveux. Ses principaux travaux sont relatifs aux fonctions des di-

verses parties de l'encéphale, à l'action physiologique du chloroforme, à la genèse du tissu osseux et à sa reproduction par le périoste. Depuis que la *Revue des cours scientifiques* existe, M. Flourens n'a jamais occupé sa chaire du Muséum ni celle du Collége de France, ce qui explique pourquoi nous n'avons jamais publié de leçons faites par lui. Il a été suppléé au Muséum par M. Vulpian, aujourd'hui professeur à la Faculté de médecine, dont nous avons publié deux cours presque intégralement; il doit l'être cette année par M. P. Bert. Au Collége de France, il a été suppléé successivement par M. Ernest Faivre, maintenant professeur à la Faculté des sciences de Lyon, et dont nous publions justement une leçon dans ce numéro; puis par M. Armand Moreau, dont nous avons publié plusieurs leçons; enfin par M. Marey, dont nous avons reproduit le cours presque intégralement dans notre tome IV. On voit que si M. Flourens n'a pas figuré en personne dans la *Revue*, il y a été largement et dignement représenté par ses suppléants.

Académie des sciences, *Élection de M. Larrey.* — L'Académie des sciences a procédé, lundi dernier, à l'élection d'un membre libre en remplacement de M. le docteur Civiale. Une commission, composée de MM. Chevreul, Mathieu, Becquerel père, Decaisne, de Verneuil, Séguier, et Longet, rapporteur, a dressé ainsi qu'il suit la liste de présentation : En première ligne, M. le baron Larrey, membre de l'Académie de médecine; en seconde ligne, *ex æquo* et par ordre alphabétique, M. Lartet et M. Sichel. Au premier tour de scrutin, M. Larrey a été nommé par 45 voix contre 10 données à M. Sichel et 3 à M. Lartet.

Métamorphoses des Insectes. — M. Émile Blanchard a présenté à l'Académie des sciences le livre qu'il vient de publier sur les *Métamorphoses des Insectes* (sous-embranchement des Articulés), et dont la partie qui traite des Lépidoptères a paru dans la *Revue des cours scientifiques* sous forme de leçons faites au Muséum d'histoire naturelle de Paris. En présentant ce livre, il en a fait ressortir les points les plus importants dans les termes qui suivent :

« Ce livre contient une exposition de tous les faits les plus remarquables concernant l'organisation, les métamorphoses, les habitudes et les facultés instinctives des Animaux articulés. L'ouvrage est accompagné de nombreuses figures, et ces figures représentent autre chose que ce que l'on est accoutumé à voir dans les livres de sciences naturelles. On s'est appliqué, d'après l'observation constante d'individus vivants, à montrer les espèces sous leurs différents états, dans leurs véritables attitudes et dans les conditions ordinaires de leur existence. Sous le rapport de l'exécution des dessins, dont il est juste de faire honneur à l'habileté des artistes, ainsi qu'au bon goût et aux soins de l'éditeur, M. Germer Baillière, il a été obtenu un degré de perfection au moins égal à celui qui a été atteint dans de belles publications récentes, le surpassant, si l'on considère qu'ici de minutieux détails ont été rendus avec une extrême précision.

» On trouvera dans ce livre un certain nombre d'observations neuves, et, d'autre part, on verra que l'auteur est entré dans un ordre de considérations très-négligées jusqu'à présent par les naturalistes. Il s'agit des relations qui existent chez les espèces entre leurs habitudes et leur conformation, ou, en d'autres termes, des adaptations organiques à des conditions d'existence particulières. Deux ou trois exemples permettront de donner une idée exacte de certains résultats consignés dans l'ouvrage sur les métamorphoses, les mœurs et les instincts des Insectes.

» De tout temps on a reconnu que des membres élargis, plus ou moins convertis en rames, appartenaient à des animaux nageurs; que des appendices larges, courts, garnis de dents servaient à fouir; mais, en réalité, on n'a pas poussé bien loin la recherche des coïncidences entre le genre de vie de l'animal et une infinité de détails de conformation. Cette sorte d'étude a appris qu'il suffisait, chez une larve d'Insecte par exemple, de l'examen d'une ou deux pièces de sa bouche pour être en situation de déterminer avec certitude, non-seulement la nature de son régime, mais encore la manière dont elle prend sa nourriture. Ainsi, deux chenilles d'espèces voisines dévorent la même plante, l'une attaque les feuilles par leur bord, l'autre ronge par la surface le calice de la fleur ou de la graine : le labre et les mandibules de ces deux Insectes, adaptés à un usage quelque peu différent, portent des signes caractéristiques très-appréciables. L'examen d'une patte permet de reconnaître si l'Insecte marche sur un feuillage plus ou moins dur, s'il marche simplement à la surface des feuilles, ou s'il grimpe après les tiges. A cet égard, les indices les plus certains sont fournis par les griffes des appendices locomoteurs. Pour les espèces capables d'exécuter des travaux, comme il y en a, en si grand nombre, parmi les Hyménoptères, une étude de leurs instruments, plus minutieuse que celle qui a été faite, conduit à reconnaître, avant l'observation directe, la plupart des habitudes de l'espèce vue pour la première fois, si différente qu'elle puisse être des espèces déjà connues. Ailleurs, des conditions d'existence sont révélées par la position et par une foule de détails de la conformation des orifices respiratoires.

» Avant nous, on avait représenté scrupuleusement les positions extrêmement variées qu'offrent les yeux des Arachnides, avec la seule préoccupation de fournir un moyen de caractériser les genres; l'observation comparative des organes de la vision et des mœurs des espèces a permis de déterminer le but de la nature dans chaque disposition particulière. L'animal est-il chasseur, destiné à une vie errante, ses yeux, rapprochés, postés sur une éminence arrondie, lui permettent d'apercevoir à la fois dans toutes les directions et la proie et l'ennemi; doit-il demeurer à découvert et toujours à peu près à la même place, ses yeux sont largement disséminés; doit-il se tenir à l'affût dans un tube, ses yeux sont rangés tout en avant sur le front, et le nombre en est amoindri; ceux que l'on trouve placés en arrière, chez les espèces qui ne se tiennent pas presque toujours cachées, étant devenus inutiles, ont disparu.

» Les Arachnides fileuses, les Aranéides ne construisent pas des toiles semblables. Pour les unes, c'est un tissu serré; pour les autres, un réseau à mailles écartées; pour les autres encore, quelques fils seulement jetés à peu près au hasard. Les griffes jouent le plus grand rôle dans la confection des toiles; simples chez les espèces qui n'en fabriquent pas, elles ressemblent à des peignes ou à des cardes chez les espèces qui font des tissus serrés; elles présentent des fourches chez les espèces qui font des réseaux lâches. Partout, enfin, il existe une relation si précise entre l'instrument et le travail, que le naturaliste parvenu à l'apprécier, arrive à faire de la connaissance acquise en certains cas, une application sûre, là où l'observation n'a pu porter que d'un côté.

» En constatant, entre des espèces toutes voisines par l'ensemble de leur organisation, des habitudes assez différentes, rendues inévitables par quelques particularités de conformation, en apparence d'ordre secondaire, il est impossible de ne pas se convaincre que les idées émises touchant de prétendues transformations indéfinies des espèces ne sont pas nées d'une étude approfondie; car, par leur conformation, ces espèces sont, en général, condamnées à vivre dans des conditions auxquelles elles ne peuvent se soustraire sans périr. »

Travaux de l'Observatoire de Paris. — M. Le Verrier, en présentant à l'Académie des sciences le tome XXII des *Annales de l'Observatoire* contenant les observations de 1866, a exposé dans les termes suivants l'état actuel des travaux entrepris par l'Observatoire de Paris :

« Ce volume comprend des observations faites au grand instrument méridien pendant le jour, et qui portent sur le Soleil, la Lune, du matin et du soir, Vénus et Mercure, et les étoiles de comparaison nécessaires. Dans le service du soir, les positions

des planètes, et principalement celles des petites planètes, ont été observées conjointement avec Greenwich, comme on le sait. Les observations intéressant la détermination des longitudes ont été continuées à la lunette de Gambey, tandis que les observations pour la détermination des latitudes ont été poursuivies au cercle. L'azimut et la latitude de Saint-Martin-du-Tertre ont été déterminées. Les conclusions pour les positions des étoiles fondamentales, du Soleil, de la Lune et des planètes, ont été déduites avec soin. Les observations météorologiques et magnétiques sont rapportées et discutées. La température moyenne de l'année 1866, savoir 11°,33, est supérieure de 0°,69 à la température moyenne et normale déduite de vingt-deux années d'observations, ce qui tient à la prédominance des vents équatoriaux en 1866. Les travaux d'observation et de calcul de ce volume sont dus à MM. Yvon Villarceau, Wolf, Lœvy, Périgaud, Folain, Gaillot et Rayet.

» Les travaux de la succursale de Marseille ayant commencé au 1er juillet de l'année 1866, il a été entendu avec M. Stephan que les travaux des six derniers mois de 1866 et ceux de l'année 1867 paraîtront simultanément dans le tome XXIII. Le volume de l'année 1866, déjà imprimé depuis deux mois, paraît dans le courant de 1867, conformément à nos règlements, auxquels nous nous conformons toujours, sur tous les points et de la manière la plus ponctuelle.

» Le volume présent de 1866 est le dernier qui doive paraître sous la forme donnée jusqu'ici à notre publication. Les travaux effectués par divers astronomes à un même instrument étaient publiés en un seul fascicule et classés à la suite les uns des autres, suivant l'ordre des dates. Au commencement de l'année 1867, le nombre des instruments dont on dispose a permis d'agir autrement. Un même travail et un instrument ne sont confiés qu'à une seule personne, qui seule peut disposer des appareils, pourvoit à leur entretien et à leur amélioration, réduit et publie ses propres observations. En conséquence, dans le volume de 1867, les chapitres seront classés par noms d'auteurs. Ainsi chacun est libre, mais responsable de son travail.

» On sait qu'il y a soixante-dix ans, Lalande détermina à l'observatoire de l'École militaire un très-grand nombre d'étoiles du ciel dont il a publié les données dans l'*Histoire céleste française*. Ces observations ne pouvaient point, à l'origine, être d'une utilité aux astronomes, parce qu'elles n'étaient pas calculées et qu'il fallait un travail considérable pour trouver, au milieu des zones, une étoile donnée, si toutefois elle y existait : un calcul de réduction pénible était ensuite nécessaire. On doit à l'Association britannique anglaise d'avoir entrepris le calcul des observations de Lalande : elle en a déduit et nous a donné en 1847 un Catalogue régulier de 48 000 étoiles.

» Il est nécessaire qu'après soixante-dix années les étoiles de ce Catalogue soient observées à nouveau. Cette révision donnera lieu à des conséquences importantes à l'égard du phénomène de la précession. En outre, elle fournira, chemin faisant, à l'astronome intelligent et zélé, l'occasion de faire un grand nombre de remarques sur les mouvements propres des étoiles, indiquant celles dont on pourrait soupçonner le voisinage, et sur lesquelles, par conséquent, d'importantes recherches pourraient être pratiquées. Le changement de grandeur de certaines étoiles pourra mettre aussi sur la voie d'étoiles changeantes ; les étoiles doubles seront notées, etc., etc.

» Nous avons commencé ce travail depuis plusieurs années, mais sans pouvoir le conduire avec une vigueur suffisante. Tant que nous n'avons eu que la lunette méridienne et le cercle de Gambey à notre disposition, nous avons dû surtout les employer aux observations de la Lune, du Soleil, des planètes, et aussi à fixer la position de 306 étoiles fondamentales que nous avons choisies dès 1854 pour leur rapporter les positions des astres mobiles. Plus tard, quand nous avons disposé de notre grand instrument méridien de 9 pouces d'ouverture pour les observations régulières du Soleil, de la Lune, des grandes et des petites planètes, les instruments de Gambey ont été encore en grande partie utilisés aux observations correspondantes pour la détermination des longitudes, et aussi pour fixer les positions des étoiles qui ont servi de termes de comparaison dans la détermination des longitudes et des latitudes ; la précision absolue à laquelle on est arrivé a exigé à Paris un travail aussi considérable que dans les départements : 15 000 étoiles de Lalande environ ont été cependant observées dans les intervalles disponibles. Dès qu'au commencement de l'année actuelle les instruments de Gambey sont devenus libres, nous les avons affectés à ce service, n'en connaissant pas d'autre plus important, plus intéressant et qui réclame plus de précision.

» Lorsqu'on entreprend un tel travail de longue haleine, on doit toujours examiner à l'avance les conditions dans lesquelles il peut être exécuté sérieusement. Nous n'avons en moyenne, à Paris, qu'une belle nuit d'observations sur trois, soit 120 belles nuits par année. Il semble possible que dans chacune d'elles un astronome observe pendant quatre heures ; et, dans cette condition, comme on peut très-bien se contenter des deux microscopes horizontaux de cercle de Gambey, rien de plus simple que d'observer en ces quatre heures 48 étoiles. En défalquant 8 étoiles fondamentales propres à fixer l'état de la pendule ou l'erreur de collimation du cercle, il reste 40 étoiles du Catalogue qui se trouvent ainsi déterminées. En 120 jours on peut donc observer 4800 étoiles, soit au cercle, soit à la lunette, pourvu que chacun de ces instruments soit muni d'un observateur distinct, ce qui ne constitue en réalité que 2400 déterminations complètes pour chacun d'eux. En dix ans, le Catalogue complet peut et doit être achevé.

» En admettant que nous ayons déjà observé 15 000 étoiles dans les circonstances irrégulières où nous nous trouvions placés, les étoiles restantes pourraient être observées en sept ans. Notre ambition serait de donner, au bout de ce laps de temps au plus, le Catalogue des 48 000 étoiles de Lalande, observées à nouveau, et qui constitueraient un point de départ précieux pour les recherches astronomiques. »

OCCLUSION PNEUMATIQUE DES PLAIES EXPOSÉES A L'AIR. — M. Jules Guérin a soumis à l'Académie des sciences un nouvel appareil qu'il a imaginé pour réaliser l'occlusion pneumatique dans le traitement des plaies exposées au contact de l'air. On sait que le caractère physiologique des plaies pratiquées par la méthode sous-cutanée est de se cicatriser rapidement sans inflammation suppurative, suivant un mécanisme auquel M. Jules Guérin a donné le nom d'organisation immédiate. L'occlusion pneumatique a pour but de placer les plaies exposées dans les conditions physiologiques des plaies sous-cutanées, et de hâter ainsi leur guérison.

L'appareil, primitivement imaginé pour la réaliser, avait le double inconvénient de coûter cher et d'être d'un entretien compliqué. Celui que M. Jules Guérin propose de lui substituer, consiste en un ballon hémisphérique de cristal offrant trois tubulures : l'une de ces tubulures, centrale et plus considérable, donne passage à un manomètre formé d'un tube barométrique terminé par une boule de caoutchouc et rempli de mercure ; les deux dernières sont destinées, l'une à mettre le malade en communication avec l'appareil, l'autre à mettre l'appareil lui-même en communication avec un réservoir central de vide. On peut ainsi procurer à toute une salle d'hôpital le bénéfice de l'occlusion pneumatique au moyen d'un appareil central, d'un tube commun régnant le long de cette salle, et d'autant de tubes d'embranchements qu'il y a de lits. Chaque appareil coûte 25 francs, et le système entier revient à 500 francs.

Lorsque le manomètre de caoutchouc indique une insuffisance de vide dans le petit appareil particulier à chaque malade, il suffit d'ouvrir le robinet de communication avec l'appareil central pour rétablir le vide au degré nécessaire. Enfin, le nouvel appareil permet de graduer l'action pneumatique suivant les convenances de chaque cas, en même temps qu'il isole les matièr

excrétées par chaque plaie, et rend toujours possible l'examen de ces matières qui sont constamment exposées à la vue.

Aspiration continue dans le traitement des amputations. — M. Maisonneuve soumet à l'Académie un appareil fort analogue à celui de M. J. Guérin, mais qui a pour but, au lieu de clore la plaie, d'en extraire les matières putréfiables.

Cet appareil se compose : 1° d'une sorte de bonnet de caoutchouc muni d'un tube de même substance; 2° d'un flacon de trois ou quatre litres de capacité, muni d'un bouchon percé de deux trous ; 3° d'une pompe aspirante munie aussi d'un tube flexible.

Le moignon d'amputation, enveloppé de son pansement, est d'abord coiffé du manchon de caoutchouc. L'orifice de celui-ci embrasse exactement le pourtour du membre, tandis que l'extrémité de son tube est adaptée à l'une des tubulures du flacon. A l'autre tubulure on adapte le tuyau de la pompe aspirante, puis on fait agir le piston. Bientôt, l'air contenu dans le flacon est en partie aspiré ou chassé. Les liquides du pansement, mêlés à ceux qui suintent de la plaie, sont aspirés eux-mêmes et viennent tomber dans le flacon. Le manchon de caoutchouc, privé de l'air qu'il contenait, s'affaisse et s'applique exactement sur le moignon. Le poids de l'atmosphère exerce par son intermédiaire une compression puissante, qui maintient en contact les surfaces divisées, et qui, combinée avec l'aspiration continue produite par la raréfaction de l'air du flacon, empêche toute collection de liquides de se produire, et favorise ainsi la prompte cicatrisation.

Sur une réclamation de M. Jules Guérin, M. Maisonneuve a reconnu, après un nouvel examen des travaux de M. Guérin, que l'appareil de ce dernier possédait également les propriétés aspiratrices qu'il avait voulu mettre en jeu lui-même dans son appareil, et que c'était à M. Guérin que revenait l'honneur d'avoir le premier réalisé l'occlusion par aspiration continue comme l'occlusion pneumatique des plaies.

L'Éruption du Vésuve. — M. L. Palmieri rend compte des phénomènes volcaniques qui viennent de se produire au Vésuve, dans la lettre suivante adressée à M. Ch. Sainte-Claire Deville :

« Depuis l'année 1861, mémorable par le désastre de Torre del Greco et par les phénomènes singuliers qui l'ont accompagné, les forces éruptives de notre planète se sont manifestées à l'Etna, à Santorin et aux Açores, sans disparaître entièrement du Vésuve, puisque le 10 février 1864, le profond cratère resté après les éruptions de 1858 et de 1861 s'était rouvert et avait donné naissance à une éruption qui, à travers des phases diverses, s'est prolongée jusqu'au mois de novembre de l'année passée. Les matières incandescentes (*il fuoco*) qui sortaient avec force du fond de ce gouffre étaient peu visibles de Naples, et quand le cratère fut comblé par la lave, sur laquelle s'élevaient des cônes éphémères à des niveaux de plus en plus élevés, l'activité du volcan s'éteignit graduellement.

» Le 12 novembre dernier, l'éruption se réveille et semble continuer les phénomènes précédents. Vers la fin du mois d'octobre, la température des anciennes bouches s'était élevée, et, de temps à autre, il en sortait, pendant quelques heures, de notables quantités de vapeur. Dans les premiers jours de novembre, les dégagements deviennent continuels et de plus en plus abondants : le sol est agité par de petites secousses signalées par le sismographe de l'Observatoire, et enfin le feu (ou les matières incandescentes), soulevant d'énormes masses de lave compacte qui remplissaient l'ancien cratère, s'ouvre de nouvelles issues, et forme quatre cônes : trois petits, qui, en peu de temps, se rejoignent, et un plus grand, qui, avec des détonations assez fortes, projette dans l'air des fragments de lave et donne, par une ouverture inférieure, issue au courant lui-même. Celui-ci, après avoir franchi en quelques points les bords de l'ancien cratère, se répand sur le plan supérieur du Vésuve, que traversent plusieurs fissures d'où s'échappe la vapeur.

» Quelques fumerolles, éloignées d'environ 150 mètres de la bouche de l'éruption, et qui donnaient de l'acide carbonique, continuent à en donner, il semble en plus grande abondance.

» Les petites secousses du sol et les agitations des aiguilles de l'appareil de variation de Lamont sont devenues plus fréquentes et plus intenses depuis le commencement de l'éruption. Le sismographe indique, en moyenne, dix secousses par jour. »

Récit d'une excursion au sommet du Vésuve, le 11 juin 1867, par M. A. Mauget. — « Le grand cratère est presque comblé par les coulées de lave sorties à diverses époques du cratère adventif, qui en occupe à peu près le centre. Du côté de la *punta del Palo*, ces laves, fissurées, brisées, renversées, dépassent le bord du grand cratère de 4 à 5 mètres ; du côté opposé, au contraire, la distance du fond du même cratère à son bord le plus élevé est encore d'une vingtaine de mètres environ.

» Le pourtour du grand cratère actuel, mesuré à la roulette, a été reconnu de 900 mètres, très-exactement. L'intérieur est tapissé de chlorures, principalement du côté de *Torre dell'Annunziata*. Le sommet du cône du cratère adventif dépasse les bords du grand cratère d'une dizaine de mètres à peine, et sa profondeur (je suis descendu au fond) n'est pas de plus de 5 mètres. Il est donc aussi à peu près rempli, tout en conservant cependant la forme parfaite d'un entonnoir à l'intérieur.

» Le pourtour du cône adventif est également recouvert de chlorures de fer, jaunes, rouges, verdâtres. On y observe la présence de l'acide chlorhydrique et de l'acide sulfureux, et une température d'au moins 100 degrés. Les chlorures sont tellement abondants que les paysans des environs en font une exploitation parfaitement organisée. Les chlorures, descendus à dos d'homme dans de petits sacs jusqu'à *Poggio Cavalli*, sont ensuite chargés sur des mulets et transportés à *Resina*. Là, ils sont mélangés avec la fleur de soufre, et ce mélange frauduleux est vendu aux paysans pour le soufrage de leurs vignes.

» Nos essais se sont portés successivement sur la fumerolle *B* et sur les fumerolles situées à 130 mètres du grand cratère, sur une ligne droite qui, passant par son centre, se prolongerait dans la direction du *Campo Santo* de Naples, et dessine une fissure très-visible au sommet du Vésuve.

Fumerolle B (température, 45 degrés).

	I	II
Gaz (recueilli à l'aspirateur)....	19,20	20,10
Après KO....................	19,20	20,10

» Ce gaz, en passant dans l'eau de chaux, ne la blanchit pas. Il ne contient donc plus aujourd'hui que de l'air chaud et de la vapeur d'eau en très-grande quantité.

» *Fumerolles des petites laves de 1841 à 1849*. — Les émanations ne sont pas acides et ne noircissent pas le papier d'acétate de plomb :

(Température, 53 degrés.)

	I	II	III
Acide carbonique.....	2,75	2,01	3,18
Oxygène............	18,13	19,60	20,05
Azote..............	79,12	78,39	76,77
	100,00	100,00	100,00

» Le 23 mars 1867, une analyse des gaz de la même fissure, faite par M. Dego Franco, aide du professeur Luigi Palmieri à l'Observatoire du Vésuve, avait donné :

Acide carbonique......................	2,20
Oxygène..............................	19,51
Azote................................	78,29
	100,00

» Deux autres émanations, situées sur la même fissure, l'une à 72 mètres, l'autre à 55 mètres des bords du cratère, donnent un gaz à une température de 53 degrés, qui blanchit aussi fortement l'eau de chaux. »

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 3 — 21 DÉCEMBRE 1867

COLLÉGE DE FRANCE.

HISTOIRE DES SCIENCES MÉDICALES.

COURS DE M. DAREMBERG (1).

L'histoire de la médecine durant les XVe, XVIe et XVIIe siècles.

Messieurs,

Pour me conformer à une habitude à peu près générale, et dont l'auditoire aussi bien que le professeur se louent également, j'ai voulu que cette première leçon fût un *résumé* et un *programme* : le résumé du cours de l'année scolaire qui vient de s'écouler, le programme de celui que je vais avoir l'honneur de faire devant vous durant la présente année. Par le résumé le professeur renoue la chaîne des temps, marque le point de départ, ravive les souvenirs de son ancien auditoire, et dispose les nouveaux assistants à mieux comprendre la suite du développement historique. Comme il n'y a ni un personnage ni un fait isolé dans l'histoire, celui qui ne sait rien ni des tenants ni des aboutissants est incapable de connaître exactement, d'apprécier et de mettre à sa véritable place quelque auteur et quelque événement que ce soient. A son tour, le programme indique le but vers lequel on se dirige, fixe les grandes lignes du sujet qu'on va traiter, appelle l'attention, provoque les recherches sur les points les plus controversés ou les plus obscurs, de telle façon que l'auditeur, ainsi averti, entre d'avance en communication avec le professeur et peut au besoin lui venir en aide.

Au début de cet enseignement, et d'après un plan levé à vol d'oiseau, j'avais partagé l'histoire des sciences médicales en trois années : l'antiquité ; — le moyen âge, la renaissance et le XVIe siècle ; — le XVIIe et le XVIIIe siècle ; mais nous entrons aujourd'hui dans la quatrième année, je touche seulement au XVIIe siècle, et j'ai à peine l'espoir d'arriver jusqu'à la fin du XVIIIe. Est-ce donc ma faute si l'abondance des matières, si votre attention soutenue, si votre désir marqué de ne pas effleurer les questions, si enfin la nouveauté et l'intérêt de l'histoire de la médecine au moyen âge et à la renaissance, m'ont attardé plus longtemps que je ne pouvais le prévoir?

Je suis donc, messieurs, tout excusé à vos yeux ; je ne vous ferai même pas l'injure de réclamer aujourd'hui votre indulgence pour les détails où je dois entrer cette année à propos des deux siècles qui nous restent à parcourir ; ce serait supposer que vous en méconnaissez l'importance et que vous ignorez combien sont grands les développements qu'a pris alors la littérature médicale. En même temps que se rompaient l'unité de l'empire et celle de l'Église, notre littérature perdait également la sienne ; si la langue latine domine encore au XVIIe siècle, si la parole des anciens conserve son prestige, il n'en est pas moins vrai qu'on écrit beaucoup dans les langues modernes, que la division du travail se dessine de plus en plus, que chaque pays a ses auteurs, ses livres, ses systèmes, ses écoles. Après avoir navigué sur une mer fermée, nous entrons à pleines voiles dans un océan à peu près sans limites, et tout parsemé d'îles où nous devons relâcher, ne fût-ce que pour un instant.

Mais ne devançons pas les temps, retournons un peu sur nos pas, ou plutôt regardons en arrière pour mesurer le chemin déjà fait, avant de chercher de nouvelles contrées.

Avec la fin de l'année 1865, nous sommes arrivés au VIIIe siècle de notre ère, c'est-à-dire à la transformation de la médecine gréco-latine en médecine néo-latine. L'année 1866 a été tout entière consacrée à la période comprise entre les premières années du VIIIe siècle et les dernières du XIVe. La médecine néo-latine touche alors à son apogée; puis elle est graduellement remplacée par la médecine salernitaine qui rayonne dans toute l'Europe lettrée, et qui est fille des vieilles traductions latines d'Hippocrate, de Galien et d'autres auteurs grecs. — Le XIIe siècle est à moitié salernitain et à moitié arabe ; au XIIIe, l'arabisme prend le dessus, cependant on cite souvent les Salernitains. Au XIVe, les Arabes sont maîtres des positions ; on ne connaît même plus les Grecs que par l'intermédiaire des traductions arabes ; Galien travesti et Aristote défiguré se partagent le monde.

Le premier soin d'un voyageur bien avisé, en entrant dans une ville qui lui est inconnue, est de monter sur les plus hauts sommets afin d'embrasser d'un coup d'œil le panorama de la cité tout entière et de ses environs. Il en est de même de tout professeur qui aborde l'étude d'une période nouvelle : il faut que, prenant son auditoire par la main, il le conduise sur les hauteurs de son sujet, afin d'en mesurer ensemble l'étendue et la profondeur ; ces horizons et ces divers étages ou escarpements sont déterminés par la multitude et la diversité des livres qui se lisent ou se produisent pendant une époque. C'est en jetant d'abord un regard d'ensemble sur ces ouvrages, puis en les classant par groupes naturels, eu égard à leurs affinités, qu'on peut, même sans entrer dans aucun

(1) Voyez, dans la *Revue des cours scientifiques*, d'autres leçons de M. Daremberg, tome IV, page 49, numéro du 22 décembre 1866 ; — tome III, page 33, numéro du 16 décembre 1865 ; — et tome II, page 55, numéro du 24 décembre 1864, un article de M. Littré sur le cours de M. Daremberg.

détail, trouver les traits caractéristiques d'une période de l'histoire des sciences. Essayons ce procédé pour donner la formule du xve siècle.

Ce siècle est actif et cependant stérile : actif pour la médecine comme pour toutes les autres branches des connaissances humaines, puisqu'il produit beaucoup de livres ; stérile puisqu'on n'y peut signaler aucun véritable progrès scientifique. Prouvons d'abord que le xve siècle est actif, nous verrons ensuite pour quoi, en quoi et jusqu'où il est réellement stérile. Les copistes d'abord, puis les imprimeurs qui se sont répandus en quelques années dans presque toutes les grandes villes, multiplient les exemplaires. Les auteurs sont également plus nombreux qu'aux siècles précédents. Le dépouillement du *Repertorium bibliographicum* de Hain conduit aux résultats suivants : on possède environ huit cents incunables pour les sciences médicales, c'est-à-dire huit cents ouvrages imprimés avant l'an 1500. — Ces incunables peuvent se diviser en trois catégories : les ouvrages anciens, les ouvrages du moyen âge, et ceux qui ont été rédigés pendant le xve siècle lui-même. Il est curieux de voir, en décomposant sommairement les chiffres de ces trois catégories, quels auteurs antérieurs au xve siècle, quels de leurs écrits avaient le plus de vogue, et aussi quels sujets les écrivains de ce même xve siècle traitaient de préférence.

Parmi les ouvrages anciens (je comprends sous cette rubrique les Grecs, les Latins et les Arabes), Hippocrate figure seulement huit fois, et, à deux exceptions près, pour d'assez méchants traités : *Aphorismes ; Pronostic ; Lettre sur la folie à Démocrite ; Des songes ; De la nature de l'homme ; Serment ; Loi ; Art ;* — Galien, une fois pour ses *Œuvres*, six fois pour divers ouvrages : la *Thérapeutique* (en grec) ; les *Lieux affectés ;* les *Tempéraments ;* le *Petit Art ;* l'*Introduction ;* — de Dioscoride, il n'y a qu'une édition grecque et une édition latine ; — de Paul d'Égine, une seule édition latine que je n'ai jamais vue et dont j'ignore le contenu ; c'est peut-être le livre sur l'hygiène.

Si les Grecs sont à ce point négligés, Celse du moins sauve l'honneur des Latins, car il a été imprimé cinq fois, quatre fois dans la langue originale, une fois en traduction italienne. Mais, en revanche, quelle profusion d'Arabes ! Surtout quelle prédilection pour les plus volumineux, pour ceux qui résument la médecine, la chirurgie, l'hygiène et la matière médicale ! Isaac, Haly Abbas, Averroès, n'ont chacun qu'une édition ; Avenzoar en a trois, tandis qu'on en compte six pour le *Bréviaire* et la *Matière médicale* de Sérapion ; quatorze pour l'*Antidotaire*, le *Formulaire*, le *Mémorial thérapeutique* de Mésué ; une édition du vaste *Continent* de Rhazès, et onze des opuscules ; puis, ce qui ne surprendra personne, d'Avicenne, du « prince des médecins arabes », on ne possède pas moins de dix-huit éditions, quatorze du *Canon*, et quatre pour d'autres ouvrages ! Nous ne sommes plus habitués à des *Manuels* de cette taille.

Des Salernitains on ne connaît guère que l'*Antidotaire* de Nicolaus *Præpositus* ou *Salernitanus* (*quatre éditions*) ; la *Pratique*, les *Gloses* et la *Matière médicale* (*Circa instans*) des Platearius (*quatre*) ; à quoi il faut ajouter plus de vingt éditions de l'*École de Salerne*, plus de trente des *Secrets* du petit Albert, des *Herbiers* en grand nombre, quelques Macer Floridus, Gilles de Corbeil (*trois*), enfin Arnauld de Villeneuve sous toutes les formes.

Parmi les auteurs du moyen âge, on distingue la *Rose* de Jean de Gaddesden (*une édition*) ; le *Lis* de Bernard de Gordon (*huit*, dont une en français, l'autre en espagnol) ; les *Aréoles* ou le *Parterre* de Jean de Saint-Amand, auquel on adjoignit, quelques années plus tard, le *Laurier* de Gilbert l'Anglais ; le *Clarificateur* de Jean de Tornamire ; les *Commentaires* de Thaddæus ; les *Secrets* de Varignana ; le *Trésor des pauvres* de Jean XXII (Pierre d'Espagne, — *six*, dont quatre en italien) ; les *Pandectes* de Matthæus Sylvaticus (*onze*), la *Clef* de Simon de Gênes (*trois*. — Ce sont deux *Dictionnaires*, des termes de médecine et de matière médicale). Chez les érudits ou les riches, on rencontre encore les *Conseils*, les *Commentaires* et autres ouvrages de Gentilis de Foligno (*dix-neuf*) ; les *Commentaires* et les *Gloses* de notre Jacques des Parts, l'*Élucidateur* et la *Somme* des deux Garbo, les volumineux *Sermones* de Nicolaus Falcutius, les *Conseils* de Montagnana, le *Conciliateur* de Pierre d'Abano, ainsi que son traité *Des venins* (*quinze*). Les *anatomistes*, Mundinus (*sept*) ; les *chirurgiens* arabes (Albucasis) ou arabistes (français ou italiens), Lanfranc, Gui de Chauliac, Guillaume de Salicet, Theodoricus, Brunus et Roland, réunis ou imprimés séparément, ne sont pas non plus oubliés. Il y a enfin deux ouvrages ou plutôt deux recueils qui ont joui d'une trop grande réputation pour qu'ils soient passés sous silence : le *Fascicule de médecine* (1), publié par Jean de Ketham (*trois*), et surtout l'*Articella* (*six*), où sont rassemblés, outre quelques autres opuscules sur les urines et le pouls, les ouvrages d'Hippocrate et de Galien qui étaient alors en circulation (2).

La composition d'une bibliothèque médicale au xve siècle est donc fort simple, si l'on ne tient compte que des livres imprimés : les Grecs n'y figurent guère que pour mémoire ; les Latins n'y sont représentés que par Celse ; les Arabes et leurs commentateurs, imitateurs ou disciples serviles, y abondent ; les Salernitains n'y sont admis que pour les ouvrages de recettes. — Il est vrai que dans les deux premiers tiers du xve siècle il n'y avait que des manuscrits, et qu'au troisième tiers, c'est-à-dire aux débuts de l'imprimerie, les manuscrits étaient mêlés aux imprimés. Mais nous pouvons affirmer, après avoir examiné et décrit avec soin les manuscrits médicaux latins du xve siècle conservés dans les principales bibliothèques de l'Europe, que la proportion entre les imprimés et les manuscrits reste sensiblement la même. Ce sont, en général, les ouvrages ou les auteurs qui ont été le plus souvent imprimés avant l'an 1500 qui étaient aussi le plus copiés de l'an 1400

(1) La composition de ce fascicule varie un peu suivant les éditions. C'est un recueil d'opuscules écrits par divers auteurs, et qui représentait en abrégé l'ensemble des sciences médico-chirurgicales. J'ai reconnu, ce qui avait, ce me semble, échappé à nos bibliographes, que les deux ouvrages excessivement rares et intitulés : l'un, *Epilogo en medicina y en cirurgia conveniente ala salud* (1495), l'autre, *Libro de medicina llamado Compendio de la salud humana* (1516), sont des traductions espagnoles du *Fasciculus medicinæ* avec quelques légères modifications.

(2) Un point important à noter en passant, c'est qu'au xve siècle, les lieux où l'on a imprimé le plus de livres, et en particulier le plus de livres de médecine, ne sont pas toujours des centres littéraires, mais des officines commerciales. Par exemple, on lit beaucoup à Paris et à Padoue, et l'on y imprime peu. Un petit nombre de livres médicaux sort de Bologne ou de Bâle, qui devinrent plus tard si célèbres par leurs imprimeries, surtout Bâle, en même temps qu'elles perdaient de leur renommée littéraire. Lyon, Leipzig figurent à peine pour les incunables, tandis que nous en trouvons huit à Naples, et une multitude à Venise, ville plus commerciale que lettrée. Ajoutons encore ce détail : au premier rang brille l'Italie, puis vient la France ; l'Allemagne occupe le troisième rang, mais de loin ; l'Espagne est à peu près dans l'ombre, et l'Angleterre ne produit rien.

vers l'an 1470; ce sont ceux-là encore qu'on a continué à multiplier en manuscrits même après que des exemplaires imprimés étaient entrés dans la circulation. Les manuscrits français du xve siècle que j'ai vus à Paris, en Angleterre, à Rome, à Venise, à Turin, en Allemagne, contiennent des traductions de médecins salernitains, de chirurgiens italiens, d'ouvrages sur l'hygiène tirés des Arabes, des Herbiers, des recettes, et de mauvais vers.

S'il est curieux de pénétrer dans la bibliothèque d'un médecin du xve siècle pour voir ce qui s'y trouve, il n'est pas moins instructif de constater les lacunes qu'on y remarque au premier coup d'œil. Parmi les Grecs, notre confrère ne connaît ni Arétée, ni Aétius, ni même le *Traité des médicaments* de Nicolaus Myrepsus, ni Soranus, ni Oribase, ni Paul d'Égine (1), qu'on avait cependant plusieurs fois traduit dans la première période du moyen âge; sans les *Gloses* de Jacques des Parts, il allait oublier Alexandre de Tralles. Il ignore complétement les productions de la médecine néo-latine; on ne les copie plus, on ne les imprime pas davantage. Gariopontus, si célèbre autrefois, ne revoit le jour que dans les premières années du siècle érudit par excellence, je veux dire du xvie siècle. Les vieux Salernitains restent complétement dans l'ombre; toutefois, le moine Constantin n'a pas succombé sous sa réputation d'insigne plagiaire; on continue à le copier, en attendant qu'on l'imprime.

Cette espèce d'inventaire de la littérature médicale au xve siècle n'est pas une œuvre de fantaisie, puisqu'elle résulte du dépouillement des bibliographies spéciales et des catalogues de manuscrits, en même temps que de l'examen du contenu des volumes eux-mêmes; mais cet inventaire a une réalité plus substantielle encore, s'il est permis de s'exprimer ainsi, puisque des actes publics et contemporains nous révèlent l'existence de bibliothèques médicales composées précisément de la plus grande partie des auteurs que nous venons de nommer (2).

Les ouvrages qui ont été écrits au xve siècle confirment de tout point le jugement que j'ai déjà porté sur ce siècle, en considérant uniquement les moyens d'instruction que les médecins avaient alors entre leurs mains. Que ces ouvrages s'appellent *Commentaires*, *Sommes*, *Pratiques*, *Consultations* (*Consilia*), *Expositions*, *Clarifications*, *Régimes de santé*, *Antidotaires*, *Traité des fièvres*, ou de tout autre nom; — qu'ils aient été écrits par Guainerius, Gatenaria, J. de Tornamire, J. de Concorreggio, Guillaume de Brescia, Ortolf, Christophorus de Barziziis, Hugo de Bentiis, Savonarole, Barth, de Montagnana, Sillanus, Matthæus de Ferrariis, Baverius de Baveriis, Arculanus, et par tous autres, ce ne sont qu'amplifications, abrégés, imitations ou remaniements de textes arabes. — Point d'autres doctrines de pathologie générale, point d'autre nosologie; une chirurgie aussi barbare, en dépit des bons exemples donnés par Gui de Chauliac; des discussions physiologiques aussi vaines, des connaissances anatomiques aussi insuffisantes, malgré quelques essais d'anatomie humaine.

J'ai dit dans ma première leçon du cours précédent que le xve siècle était un résumé et une préface : un résumé, puisqu'il nous présente sous toutes les formes possibles et à tout propos la substance de la médecine arabe, d'une médecine qui n'est elle-même dans sa généralité qu'une transformation, qu'une assimilation de la médecine grecque, surtout de la médecine de Galien; — une préface, puisque par certains côtés, bien obscurs il est vrai, il laisse entrevoir, surtout à ses dernières années, quelques tendances à l'observation de la nature par les *Consilia* (ou recueils d'*observations*, de *consultations*), et par l'ouverture de quelques cadavres (1).

(1) Valescus de Tarente, dans la préface de son *Philonium*, marque un vague souvenir de ces auteurs. « Où trouvera-t-on, s'écrie-t-il, les livres d'Hermès, de Rufus, d'Andromaque, de Paul, d'Oribase? » C'est même à cause de la pénurie des livres qu'il s'est décidé à écrire un traité complet qu'on réclamait de tous côtés, et qu'il déclare être exempt de tout mensonge, ne comptant pas pour tels, apparemment, les superstitions dont fourmille son *Philonium*. Il l'a divisé en sept livres, parce qu'il y a sept péchés capitaux, sept demandes dans le *Pater*, sept planètes, sept esprits, sept jours dans la semaine, etc. — Rembertus Dodonæus a recueilli les *Observations* qui se trouvent dans le *Philonium*.

(2) J'ai trouvé divers documents de ce genre dans nos dépôts publics. D'après l'*Inventaire* dressé après décès de maître Pierre Cardonnel, chanoine de Paris et, comme la plupart de ses confrères, médecin (13 décembre 1438), on voit qu'il possédait dans sa bibliothèque plusieurs ouvrages de médecine sans désignation d'auteurs, puis une partie d'Avicenne, Isaac, le *Rosa anglica*, J. de Saint-Amand, les *Aphorismes*, le *Passionnaire*, peut-être celui de Gariopontus, Sérapion, la *Pratique* d'Alexandre, un traité de Mésué, Averroès, un livre de Galien, mais on ne dit pas lequel, enfin la *Chirurgia* de Lanfranc, le tout *prisé* par Michiel Lequeux, prêtre et libraire-juré en l'université de Paris (Archives de l'empire, *Section administr.*, S 851). — Dans le testament de maître en médecine Jean Sallecius, chanoine (1402), ledit lègue à son fidèle clerc, Jean Boulanger, s'il veut étudier consciencieusement la médecine, tous les livres, aussi bien ceux de médecine que les autres (ibid., *Section législ. et judic.*, XI A, 9807). — M. Garnier, archiviste de la ville de Dijon, a bien voulu me communiquer l'*Inventaire après décès* d'un apothicaire (Amyot Salmonner, dit Blaise, 1482), dans la bibliothèque duquel se trouve également une riche collection des ouvrages en usage : Mésué, les *Pandectes* de Matthæus Sylvaticus, Nicolaus, le *Rosa anglica*, Arnauld de Villeneuve, Tornamire, Averroès, Guillaume de Plaisance, Lanfranc, une partie d'Avicenne, le *Viatique* de Constantin, le *Circa instans* de Platearius, J. de Saint-Amand, Rhazès (opuscules), les *Aphorismes*, Sérapion, Gérard de Solo, Macer Floridus, et plusieurs livres anonymes. — Un autre inventaire que je dois également à l'obligeance de M. Garnier contient une très-longue et très-curieuse liste de toutes les drogues simples ou composées qui se rencontraient en 1439 dans la boutique de Guillaume Lefort. Il n'est pas plus étonnant de trouver beaucoup de livres de médecine chez les apothicaires que beaucoup de drogues chez les médecins à une époque où les deux métiers étaient souvent réunis dans la même main.

(1) Zerbi, pas plus que Mundinus, n'a *disséqué*; on *ouvrait* les trois grandes cavités, tête, poitrine, abdomen, pour en étudier le contenu; on découvrait quelques muscles, on suivait encore ni très-loin, ni très-exactement quelques vaisseaux, quelques nerfs; on décrivait le tout à l'aide d'Avicenne, sans s'apercevoir que le texte n'était pas toujours conforme à la nature. Galien avait *disséqué*, et, au xvie siècle, Vésale *disséqua* de nouveau. Au xve siècle, même au xvie, il y a un mélange perpétuel et souvent inextricable d'anatomie humaine et d'anatomie animale. — Voici un exemple de la façon de raisonner des anatomistes du xve siècle. Les oreillettes (*partes pelliculares*) sont, pour Mundinus comme pour Zerbi, des déversoirs du sang, et surtout de l'esprit, lorsqu'ils surabondent, celui-ci dans le ventricule droit, celui-là dans le ventricule gauche; mais alors, pourquoi ne pas faire le cœur plus ample? Parce que la dispersion des esprits les aurait affaiblis! La preuve, c'est que les animaux qui ont de grandes cavités sont timides. D'ailleurs, ce n'est qu'accidentellement que le cœur a trop de sang ou trop d'esprit, de telle sorte que le cœur eût été le plus souvent inutilement grand! — Le cerveau est divisé pour qu'au besoin une partie puisse remplacer l'autre, et pour que les fumosités aient des voies d'exhalaison plus faciles! A l'exemple de Galien, Mundinus démontre qu'il fallait deux méninges, mais qu'il ne peut pas en exister plus de deux! Et cependant c'était une époque où le vulgaire, d'après Zerbi, appelait l'anatomie l'*alphabet des médecins*. Les détails historiques, les vues assez avancées sur l'anatomie des tissus et le développement des parties, sur l'utilité des gaînes musculaires, que fournit Zerbi, nous ont un peu dédommagés de ces indigestes considérations sur les causes finales et de ces grossières méprises.

Le premier coup a été porté dès le XIVe siècle contre la tradition et contre l'autorité par ceux mêmes qui s'en montraient les plus zélés défenseurs, par ceux qu'on a appelés les *conciliateurs*, par Pierre d'Abano en particulier. En effet, aux yeux des plus prévenus en faveur des Grecs ou des Arabes, et à mesure que l'esprit se dégageait des entraves séculaires, il ressortait des interminables discussions auxquelles s'étaient livrés ces conciliateurs, que la vérité ne se trouvait pas plus du côté de Rhazès ou d'Avicenne que du côté d'Hippocrate ou de Galien; quoique ce dernier conservât une certaine prééminence et qu'on lui donnât souvent raison contre les Arabes, on finit bien par reconnaître ses côtés faibles: aussi, une fois la critique, sous quelque forme que ce fût, introduite dans la place, elle devait finir par la ruiner de fond en comble.

Le XVe siècle est donc le dernier de ces *siècles conservateurs* dont la réunion forme, depuis le Ve, notre septième grande période. Durant ces longs jours à demi éteints, le fonds de la médecine n'a pas changé; à peine s'est-il enrichi de quelques acquisitions, où le hasard avait souvent plus de part que l'esprit d'invention. Les vieilles doctrines du dogmatisme (1) sont exploitées comme un monopole, d'abord par les compilateurs ou encyclopédistes grecs, ensuite par les écoles néo-latines, puis par les Salernitains, enfin par les Arabes. Hors de cette Église point de salut; ou plutôt personne même n'avait la pensée d'en sortir ni de faire schisme. L'autocratie se transmettait fidèlement de main en main, sans secousse et sans révolution. Il faut même remarquer que la médecine restait encore dans la pénombre du moyen âge, quand déjà, depuis quelque temps, les lettres et les arts avaient pris leur essor. Pour l'émancipation des lettres et des arts, le génie, l'inspiration et un milieu propice suffisent; mais, pour une science, il faut que des découvertes lentement préparées, ou plutôt échelonnées régulièrement dans la suite des temps, expériences concordantes et appuyées par des découvertes analogues dans les sciences parallèles, viennent aboutir à une de ces transformations radicales à laquelle ne pourrait jamais arriver l'esprit le plus puissant abandonné à ses propres ressources (2).

Lorsqu'on s'est efforcé, pendant près de vingt siècles, de démontrer que le cœur n'est pas fait pour la circulation, que le poumon est chargé de rafraîchir le cœur; que l'estomac est fabriqué pour *triturer* ou pour *cuire* les aliments; que les nerfs sont, en grande partie, créés pour *tendre* aussi bien que pour *sentir;* que les artères doivent recevoir un peu de sang mêlé de beaucoup d'air, et les veines contenir beaucoup de sang plastique et un peu d'air; que la rate fournit l'atrabile; que le chyle se confectionne dans le foie, que ce viscère est l'origine des veines; que le fœtus est le produit de deux semences; qu'il y a dans l'utérus des loges spéciales pour les mâles et pour les femelles; que les affections de la poitrine, du ventre, même de la hanche, viennent des catarrhes qui descendent de la tête; quand on a disputé pendant presque autant de siècles sur le lieu d'élection de la saignée, sur la spécificité de l'action des purgatifs eu égard aux diverses humeurs, combien ne faut-il pas d'expériences d'abord, de raisonnements ensuite, puis de luttes terribles, pour terrasser de si grosses et de si nombreuses erreurs, pour « changer tout cela », comme disait Molière; mot profond à force d'être comique: il n'est pas plus malaisé, en effet, de mettre le cœur à droite et le foie à gauche, qu'il n'a été difficile de faire accepter la circulation et bien d'autres vérités. Mais la circulation elle-même, découverte depuis longtemps préparée, et qui, à son tour, prépare toutes les autres, n'est que du XVIIe siècle. Il ne suffisait pas, pour arriver à cette découverte, d'un milieu favorable à l'observation de la nature, à la méthode expérimentale, à la critique scientifique, il fallait que l'anatomiste eût de longue main aménagé les lieux et disposé toutes choses pour que la fonction pût s'accomplir aisément; il y avait des ouvertures imaginaires à fermer, des routes à rectifier, des voies nouvelles à tracer, des origines à changer; il fallait chasser l'air des artères, établir nettement les anastomoses dans l'intimité des tissus, et cloisonner les grosses veines de distance en distance, afin que le sang, marchant en avant, ne pût pas revenir en arrière. Voilà comment se produisent les découvertes fécondes; voilà les lois du développement des sciences, et les vrais principes de la philosophie de leur histoire.

Puisqu'une seule découverte exige tant et de telles conditions préparatoires, on ne s'étonnera plus que le simple abandon des Arabes pour revenir aux Grecs n'ait pas servi bien efficacement les intérêts réels de la médecine et ne l'ait pas transformée; d'ailleurs, quitter les Arabes pour les Grecs, c'était quitter des erreurs enveloppées de tout l'obscur verbiage de l'Orient pour revenir aux mêmes erreurs revêtues par les Grecs d'une forme plus brillante et plus simple. La renaissance de la médecine n'a donc pas pu concorder exactement avec la renaissance des lettres. Le XVIe siècle n'est lui-même qu'une suite de préparations à cette mémorable renaissance; c'est déjà pour ce siècle un grand honneur d'avoir trouvé quelques-uns des instruments et posé quelques-uns des principes qui devaient concourir plus efficacement à cette pleine restauration.

J'ai souvent répété devant vous, et j'ai prouvé, je pense, à l'aide de nombreux exemples, que l'anatomie n'était point capable à elle seule de réformer la physiologie, et qu'au contraire, en mille circonstances, pour Hippocrate, pour Galien, pour les Arabes, pour les anatomistes du moyen âge ou de la renaissance, la physiologie avait accommodé l'anatomie à ses caprices et fantaisies, lui faisant dire, pour le besoin de sa cause, tout autre chose que ce qu'elle voyait et touchait. Mais, à côté de cette proposition, désormais incontestable, il y en a une autre parallèle, non contraire et non moins assurée, c'est que la physiologie ne peut pas faire de progrès sérieux sans le secours de l'anatomie; encore faut-il, pour qu'elle profite de l'anatomie, et pour qu'elle puisse à son tour en agrandir le domaine, que la physiologie sacrifie les hypothèses aux expériences C'est là précisément ce qui explique comment, dans la marche logique des événements médicaux, au sortir de la période de conservation, le XVIe siècle a été le grand siècle de l'anatomie, comment le

(1) Je me suis expliqué ailleurs sur la persistance inconsciente du méthodisme dans la médecine néo-latine.

(2) Il est à peine besoin de faire remarquer que les limites extrêmes de nos siècles ou époques, soit littéraires, soit scientifiques, ne concordent presque jamais mathématiquement avec celles de la chronologie proprement dite. Ainsi notre XVIe siècle, qui correspond aux premières tentatives de la réformation de la médecine, débute, vers 1480, avec les essais d'anatomie humaine et les discussions des érudits; il arrive à son apogée avec Vésale, Fallope et toute l'école anatomique, et se poursuit jusqu'au quart du XVIIe siècle, c'est-à-dire jusqu'à la découverte de la circulation. Alors commence une nouvelle étape, ou une nouvelle période, ou un nouveau siècle.

XVIIe a pu dès lors devenir le grand siècle de la physiologie, et comment enfin, au dernier tiers du XVIIIe, la médecine proprement dite (théorie et pratique) a pu, en s'appuyant sur ses deux soutiens naturels, l'anatomie et la physiologie, auxquelles la chimie prêtait déjà une nouvelle force, se réformer elle-même.

J'ai donc eu raison d'avancer que le XVe siècle a été *actif*, puisque les médecins ont beaucoup lu et beaucoup écrit ; — qu'il a été *stérile*, puisqu'il n'a presque rien produit pour lui-même, et que son plus grand mérite est d'être le père du XVIe siècle.

La première moitié du XVIe siècle est un drame en trois actes ou trois tableaux. Dans le premier, on voit un grand nombre de médecins, entraînés par le mouvement qui emporte toutes les intelligences, se jeter dans l'érudition nouvelle, prendre violemment parti contre les Arabes en faveur des Grecs, c'est-à-dire secouer le pouvoir du jour pour se courber sous celui de la veille. — Dans le second acte apparaît une minorité turbulente qui ne respecte pas plus les Grecs que les Arabes : j'appellerais volontiers le chef de cette fraction le Luther de la médecine, si Paracelse eût réussi à autre chose qu'à augmenter les ruines et s'il avait fondé un établissement durable. Le règne de Paracelse est court ; ses partisans n'ont pas grande renommée ni grande action ; quelques-uns, montrant plus d'habileté que de ferveur, tâchent de concilier les opinions du maître avec celles de Galien, comme Pierre d'Abano voulait, à la fin du XIIIe siècle et au commencement du XIVe, mettre d'accord Galien et les Arabes : des deux côtés l'entreprise eut le même résultat. Finalement, et par une suite de transformations, Paracelse conduit à van Helmont, et celui-ci mène à Sylvius de le Boe.

L'esprit novateur, cet esprit actif, ingénieux, passionné, mais non pas révolutionnaire, ne pouvant se contenter ni de la coalition qu'il venait de former avec les Grecs contre les Arabes, ni du radicalisme aussi vain que compromettant de Paracelse, et ne trouvant non plus chez les Grecs aucun système nouveau, aucune théorie qui déjà n'eût été mise en circulation par les Arabes, semble abandonner un moment le terrain de la pathologie générale pour s'affermir sur celui de la pathologie spéciale ; il rassemble des faits, ébauche des descriptions, modifie en quelques points le cadre nosologique, et en même temps il se livre avec autant de succès que d'ardeur aux recherches anatomiques, qui commencent à saper par la base l'omnipotence des Grecs aussi bien que celle des Arabes. Tel est le troisième acte ou le dénoûment du XVIe siècle. Au XVIe, l'anatomie est le *grand œuvre* des intelligences d'élite, comme l'alchimie est le *grand œuvre* des esprits aventureux.

La lutte, très-vive au XVIe siècle (1) entre les Grecs et les Arabes, est loin de se terminer avec ce siècle ; elle se prolonge durant la presque totalité du XVIIe (2), malgré l'enfantement d'une multitude de systèmes qui ne sont pas plus d'Avicenne que de Galien, et malgré les conquêtes de plus en plus nombreuses de l'expérience sur la tradition. Chaque effort des arabistes (car ils trouvent encore des auditeurs au pied des chaires publiques) est une occasion de triomphe pour les Grecs. Les Arabes sont définitivement vaincus ; les Grecs règnent à peu près sans partage dès les premières années du XVIIIe siècle ; toutefois, phénomène bien remarquable, quoiqu'il se produise si tardivement, les Grecs ne sont plus acceptés, parce qu'ils enseignent les bonnes pratiques de la médecine, et non parce qu'ils en représentent les bonnes théories.

Médecin hippocratique est devenu synonyme de médecin observateur. Il a fallu quatorze cents ans pour consommer en principe la ruine du système de Galien ; il a fallu presque deux siècles encore pour tirer les dernières et décisives conséquences de cette bataille à jamais mémorable livrée et gagnée par Harvey en 1628. L'Angleterre avait porté le grand coup ; le reste de l'Europe complète et achève la réforme en des sens différents par Morgagni, Haller, Barthez, Stoll, Bichat, Broussais et Laennec.

Si la littérature du XVe siècle est abondante et déjà compliquée, à plus forte raison celle du XVIe peut être caractérisée par ces deux mots : *multitude* et *diversité*. Des éditions ou traductions de presque tous les auteurs grecs et de quelques Arabes ; des commentaires qui embrassent une grande partie des œuvres d'Hippocrate et de Galien ; d'amples ouvrages originaux, des écrits polémiques, de nombreuses et importantes monographies ; les langues modernes qui commencent à se substituer au latin ; des branches nouvelles greffées au tronc principal par les développements qu'ont pris l'anatomie, la chirurgie d'armée, l'histoire naturelle, la critique des textes et l'étude des épidémies ; — tout, en un mot, se réunit, au XVIe siècle, pour embarrasser et retarder la marche de l'historien, sans ajouter toujours un bien vif attrait à sa tâche, puisqu'il faut se résigner, après déjà quinze siècles de patience, à dévorer des in-folio et des in-quarto tout remplis des vaines théories du passé, d'assertions fausses, de faits mal établis. On serait tenté de se laisser aller au découragement, peut-être à un vrai désespoir, si l'on n'entrevoyait quelques rayons de lumière à travers ces nuages épais, si l'anatomie et la chirurgie ne rachetaient pas la médecine, et si l'on oubliait qu'il faut passer par toutes ces étapes de l'erreur pour arriver à la possession de la vérité.

Nous avons partagé les écrivains du XVIe siècle en cinq groupes, sans compter les *naturalistes*, qui surchargent la matière médicale et compliquent la thérapeutique : 1° Les *réformateurs par l'érudition* ou *humanistes*. En prenant parti pour les Grecs contre les Arabes, ils se mettent à la tête d'une renaissance littéraire, mais non pas scientifique. Cette phalange compte de grands noms : Leonicenus, Duret, Gonthier d'Andernach, Houiller, Linacre, Gorrée, Fuchs, Cornarius, Mercuriali, Champier, Montanus, Valesius, et d'autres qu'il serait trop long d'énumérer. Mais quelles discussions stériles ! le fond manque à peu près complétement, puisque en l'absence d'une expérience personnelle indépendante, il n'y a pas moyen de contrôler les dires et les observations des Grecs ou des Arabes ; de plus, on discute sur des textes où la critique n'a fait aucun triage ni fourni aucun terrain solide par la confrontation des manuscrits. — 2° Les *réformateurs par l'anatomie*. Ceux-là sont les vrais ; on les nomme Massa, Benivenius, Benedictus, Estienne, Vésale, Fallope, Eustachi, Ingrassias, Varole, Fabrice d'Acquapendente. La renommée qui s'attachait à de tels noms,

(1) On lit beaucoup les Grecs, mais on ne néglige pas les Arabes ; on en trouverait la preuve dans les éditions assez multipliées qu'on donne de leurs ouvrages au XVIe siècle.

(2) Haller fait commencer les arabistes beaucoup trop tôt, même avant les Arabes ; il les fait finir beaucoup trop tôt aussi, car il y a encore de nombreux partisans d'Avicenne, de Rhazès ou de Mésué au XVIe siècle.

surtout à celui de Vésale, ne les a pas mis à l'abri des calomnies ridicules et des violentes attaques de l'école réactionnaire de Paris. — 3° Les *réformateurs par la physiologie*. Servet, Columbus, Cæsalpin, voient bien que les choses ne se passent pas comme le disent les anciens pour le mouvement du sang, mais ils ne savent pas comment elles se passent ; ce ne sont encore que des précurseurs qui n'ont pas conscience de leur œuvre. — 4° Les *réformateurs par l'introduction des théories chimiques, ou plutôt alchimiques, dans la médecine :* Paracelse et ses adeptes. Le moment de la chimie n'était pas venu ; elle ne pouvait rien sans la circulation. — 5° Les *cliniciens*, qui donnent la main aux anatomistes et qui essayent de rentrer dans les voies de l'observation telle qu'elle est enseignée par les meilleurs écrits de la collection hippocratique ; mais la prolixité fatigante de Galien a plus d'imitateurs que l'élégante sobriété d'Hippocrate, et souvent il faut lire des volumes entiers pour y trouver un fait bien vu et bien rendu. Sans doute les *Consilia* du XVe siècle ne sont pas moins diffus, cependant ils offrent parfois plus d'intérêt que bien des recueils d'observations du XVIe, car ils nous fournissent une foule de détails sur les mœurs, les pratiques et la littérature médicales, qui font trop souvent défaut dans ceux du XVIe.

La distribution géographique des écrits médicaux se prête à quelques considérations qu'on ne doit pas négliger non plus. — Quoique la division du travail ne soit pas très-nettement établie, parce que les nationalités ne sont pas encore aussi distinctes qu'elles le deviendront plus tard, cependant il y a moins d'uniformité au XVIe siècle qu'au XVe, non-seulement pour le genre des écrits, mais encore pour la part qu'y prend chaque pays. Au XVe siècle, l'Italie a le monopole, c'est la grande officine ; après l'Italie, vient la France, et, en France surtout, Montpellier ; après la France et l'Italie, rien ou presque rien. Au XVIe siècle, l'Italie conserve le premier rang pour l'anatomie (Vésale est un de ses élèves et Fallope un de ses enfants) ; la France, loin de céder à l'impulsion, se met en travers de presque toutes les innovations ; elle sacrifie résolûment la nature à Galien. A peine pouvons-nous opposer nos Joubert, nos Fernel et nos Baillou aux Benivenius, aux Benedictus, aux Montanus, aux Brassavola, aux Massa, aux Donatus, aux Fidelis de l'Italie. D'un autre côté, la Hollande et l'Espagne entrent très-sérieusement en ligne : la Hollande par Rembertus Dodonæus, Forestus, Heurnius ; l'Espagne avec Christoph. a Vega, Vallesius, Bravo, Mercatus, Rodericus a Fonseca. Enfin, l'Allemagne se met en scène avec Paracelse : c'est en Allemagne que le système de l'aventurier d'Einsiedeln trouve d'abord et conserve ensuite le plus d'adeptes. Les Italiens n'ont pas plus accepté la réforme de Paracelse que la réforme de Luther. On dirait presque une affaire de tempérament. — L'Angleterre se réserve et se recueille : elle va enfanter Harvey.

La chirurgie redevient tout à fait *nôtre*, comme elle l'avait été du temps de Gui de Chauliac ; peu de noms peuvent rivaliser avec ceux de Paré, de Franco et de Guillemeau. On copie, on imite, on paraphrase, on abrége Paré, comme on avait fait autrefois pour Gui de Chauliac ; les chirurgiens italiens vivent un peu sur leur ancienne réputation ; ni Vigo, ni Maggi, ni Marianus Sanctus, ni même Fabrice, n'ont exercé une aussi grande influence que Paré. Le chirurgien qui, à cette époque dans la Péninsule, a peut-être le plus mérité de la postérité, est Gaspard Tagliacozzi, à qui un empirique avait enseigné l'autoplastie, à peu près oubliée depuis les Grecs. Tagliacozzi a écrit le fameux traité *De chirurgia curtorum*.

Puisque le XVe siècle n'offre point de nouveaux problèmes de pathologie générale, nous avons dû chercher l'intérêt et l'utilité de nos leçons dans les détails de la pathologie spéciale, de la thérapeutique et des affections épidémiques, sans négliger aucun des faits qui intéressent l'histoire des écoles, des établissements hospitaliers, des coutumes, des pratiques ou des mœurs médicales. La nécessité de me tenir dans ces limites m'a engagé à insister devant vous sur les vastes recueils de *Consilia* ou d'*Observations* qui n'ont pas été beaucoup lus, si même ils l'ont jamais été entièrement, depuis le siècle où ils ont été écrits. Or, c'est précisément dans ces recueils que nous avons trouvé la plupart des détails dans lesquels nous devions nous renfermer ; de plus, ils nous ont fourni les éléments d'une statistique des maladies les plus communes au XVe siècle ; de telle sorte que l'histoire de la civilisation dans ce siècle si éprouvé n'a pas été étrangère à nos études.

Nous rapporterons donc ici quelques-unes des remarques que nous a suggérées la lecture des *Consilia*, particulièrement de ceux du XVe siècle (1).

Antoine Cermison (2) use fréquemment de *pédiluves* et de *manuluves* excitants comme révulsifs ; — contre diverses affections des yeux, il recommande plus volontiers qu'on ne le faisait avant lui, des instillations de teinture d'aloès et de musc ; — pour arrêter à leur descente toute espèce de flux ou de catarrhe qui tend à se porter de la tête sur diverses parties du corps, en vertu d'une théorie cnidienne, notre auteur ne connaît rien de mieux que l'application, soit d'un lacet autour du cou, soit plutôt d'un vésicatoire derrière les oreilles. Ce vésicatoire consistait en une petite boule, grosse comme une aveline, formée avec de la poudre de cantharides incorporée dans du ferment de froment ; on laissait la pâte en place environ douze heures ; on n'enlevait pas l'épiderme soulevé, on se contentait d'ouvrir l'ampoule avec le bistouri à la partie déclive. L'emploi des vésicatoires, peu répandu dans l'antiquité, indiqué par les méthodistes, en usage parmi les Salernitains, reprend faveur au XVe siècle. — Les recettes dans lesquelles entre la cendre d'éponge (3) contre le goître sont fort anciennes, mais Cermison les a multipliées ; de plus, il prescrit des fomentations, des fumigations dans la bouche, des boissons faites avec la décoction d'éponges entières ; il ajoute aussi une décoction de poudre de coquillages marins. — On ne manquera pas de remarquer les dragées médicamenteuses qu'on préparait en revêtant les substances d'un goût désagréable, par exemple la térébenthine, avec une couche de sucre fondu ; d'autres étaient enveloppées dans du miel dur. J'ai parlé de pratiques analogues, recommandées par les Salernitains pour *dorer* la pilule. — Cermison a toutes sortes de procédés ingénieux, qu'il connaît en partie par la tradition, en partie par sa propre expérience, pour extraire les objets pointus engagés dans

(1) Le dépouillement de ces *Consilia*, comme du reste de presque tous les ouvrages médicaux du moyen âge, fournit de nombreux matériaux aux lexiques spéciaux, soit du bas latin, soit des langues modernes.

(2) Florissait dans la première moitié du XVe siècle. Voici deux dates : professeur à Pavie en 1389, à Padoue de 1413 à 1441.

(3) On sait que les vertus curatives de l'éponge sont dues à la présence de l'iode.

l'arrière-gorge ou dans l'œsophage. — On trouve aussi, dans ses *Consilia*, les onctions avec des pommades camphrées contre les affections des organes génitaux urinaires, surtout contre des ardeurs d'urine qui sont décrites de telle sorte qu'il n'est guère possible de méconnaître la blennorrhagie aiguë, affection que l'on traitait aussi par des injections variées, adoucissantes ou astringentes. — On y rencontre encore de nombreuses formules de pessaires solides irritants, pour rappeler les menstrues. On sait que ce moyen, plus dangereux qu'utile, est recommandé par les anciens et aussi par les Salernitains.

Si l'on veut avoir une idée de la façon dont les médecins procédaient à l'interrogatoire d'un malade, on n'a qu'à lire les questions adressées par Cermison à une noble dame d'Urbino, atteinte d'une affection de l'utérus; on sera étonné de la précision et de la pertinence des questions qui conduisent cependant à de si misérables diagnostics. La contre-partie, c'est-à-dire un exemple des questions que le malade adresse à son médecin, se trouve en un autre *Consilium*; il s'agit d'une consultation *Contra debilitatem digestivæ facultatis stomachi et consequenter hepatis caliditatem*. — Partout Cermison se montre plein de déférence pour ses confrères, et d'une sollicitude plus impérieuse et plus fatigante cependant que tendre et bien ordonnée envers ses malades. Quand on a lu une de ces consultations chargées de tant de prescriptions, on se demande comment la journée d'un malade pouvait suffire à suivre toutes les ordonnances du médecin, et comment son estomac pouvait tolérer toutes les drogues. L'impitoyable docteur n'accorde pas un instant de repos, et n'écarte des lèvres affadies pas un calice d'amertume; le malade, devenu la chose du médecin qui régnait par la terreur, n'avait plus qu'à obéir, et, si la nature ne lui venait en aide, à succomber sous le poids d'une maladie mal connue ou d'un traitement mal dirigé. Cermison est un chirurgien très-timide : il recommande de ne tailler les calculeux qu'à la dernière extrémité, et il ne connaît aucune manœuvre rationnelle contre les positions vicieuses du fœtus. Il se montre aussi, et avec raison cette fois, des plus réservés dans l'emploi des émissions sanguines contre la goutte (*gutta*) et les nodosités, disant, comme Avicenne, que la saignée fait couler les humeurs dans le corps; il vante, entre autres remèdes contre la sciatique, la térébenthine en topiques ou en pilules, les vésicatoires, les bains de Sainte-Hélène près Padoue, et, ce qu'il faut particulièrement relever, les vomissements hygiéniques, dont il n'était presque plus question depuis les Grecs.

Les *Consilia* de Bartholomæus de Montagnana (1), qui paraît avoir tenu boutique de médecine et boutique de pharmacie, sont beaucoup plus développés et plus méthodiques que ceux de Cermison, de sorte qu'il est plus aisé de trouver dans un assez grand nombre de Consultations les éléments d'un diagnostic rétrospectif, malgré les fausses étiquettes mises en tête de la plupart des *Consilia*. Ainsi nous avons reconnu diverses espèces d'anémies, ici dans *une complexion froide et humide de la tête*, là comme une complication d'une affection cancéreuse, ailleurs comme symptomatique d'évacuations sanguines exagérées; — nous avons constaté un cas de syncope périodique chez un individu *ravagé par la bile jaune*; — nous avons diagnostiqué des pertes séminales, plusieurs affections du cœur, des rétrécissements aigus et chroniques de l'urèthre. Signalons encore un exemple remarquable de diagnostic différentiel : Un individu porte à l'aine une tumeur chaude, fluctuante, compressible, avec pulsations et fièvre. D'après l'avis de Montagnana, il ne peut être question d'une hernie, car une hernie n'offre ni chaleur, ni pulsation, ni cette mollesse particulière; il reconnaît donc une tumeur en voie de suppuration. En d'autres termes, il s'agit très-probablement d'un véritable *bubon*, dont nous trouvons d'autres cas chez cet auteur, mais sans détails suffisants pour en déterminer l'origine.

(1) Vivait à peu près dans le même temps que Cermison; mort en 1460.

On a dit (1) que Montagnana décrit pour la première fois les hernies ventrales; mais cette affection est déjà indiquée dans Avicenne (voy. par ex. III, 22, 1; 2). Notre auteur a un long et important chapitre sur les diverses espèces de *hernies* (nom commun sous lequel il désigne, avec les anciens et les Arabes, outre les hernies proprement dites, des affections qui diffèrent essentiellement de ce que les modernes appellent une *hernie*). Pour retenir dans l'abdomen les parties herniées, il se contente de topiques astringents, de larges *pelotes* médicamenteuses maintenues en place pendant assez longtemps à l'aide d'une bande qui passe sur les épaules, et du repos absolu; puis il rejette en ces termes les bandages solides : « Ego » autem dimitto hanc fantasiam lumbarium vel cingulorum que » fiunt *circulis ferreis cum appenditio super inguinem* (2). Similiter hic dimitto fantasiam Gentilis qui credit has dispositiones » (hernias) curari per *limaturam calibis interius* et *magnete* » *exterius* apposito cum sua bagatella. Sunt enim hæc talia » fantastice imaginationis, ridiculum magis quam fructum pa» rientia. » (Fol. 239, v°.)

Montagnana rapporte qu'il y a trois manières de procéder à la cure radicale des hernies : la castration, qu'il blâme comme inutile; la simple incision, qu'il préconise, puisqu'elle permet de faire rentrer l'intestin et de le maintenir; la cautérisation actuelle ou potentielle : c'est cette dernière qu'il préfère. La castration est encore plus nettement rejetée dans le *Practica* de Benedictus, ainsi que l'a fait remarquer M. Malgaigne.

Les *Consilia* de Baverius de Baveriis (3) ne sont pas moins curieux que les précédents. Notons des accidents de semi-paralysie chez une femme enceinte et dont la colonne vertébrale est mal conformée; le vertige stomacal; une carie des os du rocher; divers cas de chlorose traités avec succès par les ferrugineux; la catalepsie très-bien distinguée de l'hystérie, de l'épilepsie, de la syncope; un exemple caractéristique de paralysie alternante des membres supérieurs avec embarras de la parole et affaiblissement de la mémoire, *à la suite d'une affection catarrhale aiguë de la gorge;* enfin une mention expresse de la prostate.

Dans les *Consilia* d'Ugo Bentius (4) nous pouvons signaler, entre autres faits, les suivants : aliénation mentale intermittente; pertes séminales involontaires, sous la rubrique *catarrhe de la tête;* vertige stomacal; polype *mou* des fosses nasales

(1) Voy. Malgaigne, *Introd. aux Œuvres d'Ambr. Paré*, p. XCIII.

(2) Joannes de Concorreggio (dans son *Practica seu Lucidarium*), qui vivait dans la première moitié du XIVe siècle, parle aussi de bandages de fer et à pelotes pour maintenir les hernies. Il en est également question dans les Salernitains.

(3) Médecin du pape Nicolas V (1447-1455); était encore professeur à Bologne en 1480.

(4) Florissait sous le pape Eugène IV (1431-1447).

avec fistule lacrymale; épilepsie causée par la rétrocession d'une tumeur aux jambes trop vite guérie. Une jeune fille accouche à seize ans, avorte à dix-sept, est prise d'accidents chlorotiques, et depuis cette époque, quoi qu'elle fasse, elle reste stérile. Puis, à côté de ces faits si bien observés, nous voyons une hernie prise pour un catarrhe qui descend de la tête aux testicules; et, si je ne m'abuse, une syphilis constitutionnelle prise pour une sciatique avec pustules. Voici le fait : Jeune homme de vingt ans; vive céphalalgie; la nuit, sueurs fétides et douleurs souvent intolérables dans les membres; pustules sur le dos, la face et la tête; abcès à la jambe d'abord, puis au pied, puis se déclarant un peu partout; taches rougeâtres sur le dos et les jambes (1). — Qu'on se souvienne que nous sommes au milieu du xve siècle, c'est-à-dire bien avant le début qu'on assigne ordinairement à la syphilis!

Sprengel, à propos des *Consilia* de Baverius et de ceux de Matthæus Ferrarius de Gradibus (2), déclare que ces recueils ne contiennent rien d'intéressant, rien qui mérite louange ou attention. Voilà qui est bientôt dit; plus tôt dit en effet que de lire des milliers de pages in-folio à deux colonnes en petit texte gothique! Comment! en tant de pages pas une Consultation, pas une ligne, pas un mot sur quoi on puisse appeler l'attention de ses auditeurs ou de ses lecteurs? Il n'est donc pas intéressant de dire que les *Consilia* de Matthæus Ferrarius ont été rédigés de façon qu'ils soient autant de commentaires des chapitres correspondants d'Avicenne? Il n'est donc pas intéressant non plus de nous faire connaître, d'après le premier *Consilium*, la manière de vivre des écoliers de ce temps? Il ne l'est sans doute pas davantage de voir notre auteur distinguer très-nettement l'épilepsie essentielle de l'épilepsie symptomatique; — de signaler un cas de paralysie des deux doigts de la main droite chez un jeune homme de vingt ans trop occupé à écrire, paralysie dont la cause est cherchée non dans les doigts eux-mêmes, mais à la nuque, comme Galien le recommande pour un cas analogue; — de savoir que Gaston, prince de Navarre, était atteint d'une affection rhumatismale chronique intermittente, liée à une gravelle qui occasionnait une hématurie? — Les observations de paralysie du nerf facial avec distorsion d'une partie du visage; les hallucinations de la vue; un cas de ptyalisme opiniâtre; les hémoptysies jugées peu graves quand elles viennent à la suite de suppression accidentelle des menstrues; le prurit intense de la vulve noté aux approches de l'accouchement; des faits de stérilité rapportés très-nettement à des déviations de l'utérus; des détails sur la pose des sangsues, tout cela n'a rien d'intéressant? Il ne nous importe pas non plus de savoir que Matthæus a donné ses soins aux plus illustres personnages du temps, entre autres au duc de Milan, à la duchesse Blanche-Marie de Sforza (affectée d'asthme); enfin à la sacrée Majesté du roi de France Louis XI, qui, toute sacrée qu'elle était, n'en avait pas moins des hémorrhoïdes fort opiniâtres et fort douloureuses?

Le grand secret pour écrire l'histoire en sûreté de conscience et avec une pleine connaissance du sujet, c'est de lire, de lire beaucoup, de se rappeler et de *comparer*.

Il y a surtout deux auteurs que non-seulement on devrait lire et relire, mais qu'il faudrait presque savoir par cœur quand on aborde l'histoire de la médecine au moyen âge, deux auteurs avec lesquels il faut toujours compter, Galien et Avicenne (1). J'en pourrais trouver des preuves à l'infini; en voilà une décisive :

Notre chirurgien le plus érudit et le plus disert, M. Malgaigne, de très-regrettable mémoire, a écrit (2) : « Ce qui doit assurer à Gatenaria une juste et impérissable renommée, c'est qu'il est l'inventeur de cet instrument si simple à la fois et si ingénieux, si bien apprécié, qu'il est devenu chez toutes les nations d'un usage vulgaire, et que par là même les médecins ont cru de leur dignité de ne plus en souiller leurs mains: la seringue, en un mot... Gatenaria décrit la seringue sous le nom d'instrument à clystère, et il juge même nécessaire d'en donner la figure (3); mais, comme la plupart des inventeurs de cette époque (?), il n'ose pas de sa propre autorité introduire une si grande innovation dans la pratique; il se réfugie derrière Avicenne qui en a donné la description, dit-il, mais qui a été mal compris par plusieurs. Cette déclaration du modeste auteur nous oblige cependant de déclarer *qu'il n'y a rien de semblable dans Avicenne* (4). »

Évidemment, M. Malgaigne, a été victime d'une double distraction quand il a fait cette déclaration et quand il a assimilé l'instrument décrit par Gatenaria avec la seringue actuelle. D'abord il est de toute évidence que Gatenaria a en vue le chapitre d'Avicenne auquel précisément renvoie M. Malgaigne, car il s'agit des deux côtés d'un clystère disposé de telle façon que la canule serve à la fois à l'entrée du liquide et à la sortie des vents, et des deux côtés aussi, de l'emploi de cet instrument dans le traitement de la colique froide ou venteuse. En second lieu, pas plus chez Gatenaria (la figure le prouve) que chez Avicenne, il n'est question de notre pompe aspirante et foulante, mais d'une vessie ou d'une outre fixée sur une canule, instrument usité de toute antiquité; les deux textes à cet égard sont formels. Si M. Malgaigne avait dit qu'il est malaisé de mettre d'accord la traduction latine si obscure et si peu exacte d'Avicenne avec le texte si clair de Gatenaria, je serais

(1) Un autre individu présentait les symptômes suivants : gonflement douloureux des jointures, amaigrissement des muscles, altérations graves du nez et de la bouche. — Dans le livre posthume et très-rare de Menghus, *De omni genere febrium*, Venise, 1536, in-fol., on peut relever plus d'un trait qui se rapporte aux accidents syphilitiques et rapportés par l'auteur à un rapprochement impur.

(2) Mort en 1472. — M. Malgaigne (*loc. cit.*, p. XCIV) a « feuilleté le méchant recueil des *Consilia* de Cermison, et il n'y a pas trouvé une idée qui méritât d'en être extraite ». — Il n'a pas, dit-il, tiré beaucoup plus de profit de la lecture de Matthieu de Gradi (*ibid.*). — Cependant, « en feuilletant cet énorme fatras », on y trouve plus d'une page curieuse. M. Malgaigne lui-même y a rencontré trois «faits assez intéressants pour l'histoire de la chirurgie ». Seulement il ne fallait pas attribuer à cet auteur l'invention des « pessaires solides » pour maintenir l'utérus en place. On en trouve des exemples par centaines dans Hippocrate, dans Soranus, dans les Salernitains, dans les traités du moyen âge.

(1) Aussi rien ne serait plus utile que de donner une bonne traduction du *Canon*, si horriblement défiguré dans les traductions latines imprimées; car il y en a de manuscrites qui sont meilleures. J'ai souvent engagé mon savant confrère M. le docteur Leclerc, si familier avec l'arabe, à entreprendre cette tâche méritoire. Puisse le gouvernement lui fournir libéralement les moyens de l'accomplir!

(2) *Introd. aux Œuvres d'Ambroise Paré*, p. XCIX.

(3) Page 41, v°, de l'édit. de 1532, citée par M. Malgaigne; page 70, v°, de mon édition de 1517.

(4) En note : « Avicenne a traité de l'instrument à clystère en usage de son temps au chapitre XI du livre III, fen. 16, traité 3 (lisez tract. 4). Ce n'est autre chose que l'instrument des anciens : une vessie ou une outre fixée à une canule. »

de son avis (1); mais même dans cette traduction on retrouve en gros l'instrument décrit et figuré par le médecin italien.

Voici la traduction d'Avicenne et le texte de Gatenaria.

AVICENNE.

Melior quidem cannæ clysteris figura quam antiqui dixerunt, est, ut sit concavitas cannæ (*canule*) ejus divisa per tertiam, et duas tertias, et sit positum inter utramque velamen de corpore de quo facta est canna, et sit consolidatum cum canna consolidatione vehementi; sit ergo velamen ejus duarum partium diversarum, et sit uter decenter aptatus in parte quæ duarum partium major est, et sit in parte minore apertus, et quando uter decenter aptatus est super totam cannam, stringatur caput partis minoris cum consolidatione forti, ut non ingrediatur ipsam aer. Et sit ei sub utre in loco qui non egreditur anum meatus per quem egrediatur ventositas.

GATENARIA.

Hæc est forma clysteris quam non intelligunt multi et quam describit Avic. secundum quodque pars superior seu canna (*canule*) ejus, sit duplex [usque] ad partem inferiorem et mediet inter has partes medium unum sicut paries dividens partes illas sicut est in duabus fistulis conjunctis; et habeat pars minor unum foramem in parte quæ est prope conjunctionem bursæ clysteris, et aliud in opposito directe secundum longitudinem quod sit apud foramen partis grossioris per quam partem majorem, cui contiguatur maxima burta, transeat aquositas enematis imposita per utrem; per inferiorem vero cannam sive minorem pulsa ab anemate ventositate, per utricis compressionem ipsa ventositas egrediatur. Et hoc patet in figura, *et reddit litteram Avicennæ obscuram claram*.

Ce qui rend Avicenne encore beaucoup plus clair, c'est la traduction littérale faite sur l'arabe, et que je dois au savoir et à l'obligeance de mon docte confrère M. Leclerc; là il n'y a plus ni ambiguïté, ni obscurité. A elles seules ces quelques lignes suffisent à démontrer l'impérieuse nécessité d'une nouvelle traduction d'Avicenne : « Quant à la canule de » l'instrument (du *clystère*), les anciens en ont relaté la forme » la plus avantageuse. La canule a son calibre partagé en » deux parties, l'une d'un tiers et l'autre de deux tiers : entre » est une cloison faite de la même matière que la canule, » parfaitement soudée et les isolant l'une de l'autre. La vessie » est appliquée sur l'orifice de la grande canule ; celui de la » petite reste ouvert (fig. A). Si la vessie est appliquée sur » la totalité de la canule (*petite et grande portion*), bouchez » [préalablement] avec soin la tête de la petite canule, afin » que le liquide n'y entre pas ; mais il y aura au-dessus de la » vessie un trou percé sur la partie de la petite canule, en un » point qui n'arrive pas dans l'anus ; ce trou servira pour la » sortie du vent (fig. B) : si l'on administre le lavement et que » le vent soit poussé fortement, il sortira par la partie dans » laquelle ne pénètre pas le lavement, et le lavement restera » un temps convenable (2). »

Les deux figures placées ci-dessous représentent les deux formes de l'instrument décrites par Avicenne. La première forme est celle qu'a choisie Gatenaria pour la faire graver.

Je n'ai pas insisté sur un sujet, en apparence si minime, pour le triste plaisir de prendre en faute un habile professeur dont personne plus que moi n'admirait la verve entraînante, l'esprit orné et ingénieux, mais pour montrer, par l'exemple d'un homme distingué dans l'érudition médicale, à quels dangers on s'expose en portant un jugement sans avoir lu avec un soin scrupuleux et comparé les différents textes. Lire et rapprocher les textes, c'est pour l'historien ce que sont pour le savant les expériences répétées, vérifiées, comparées.

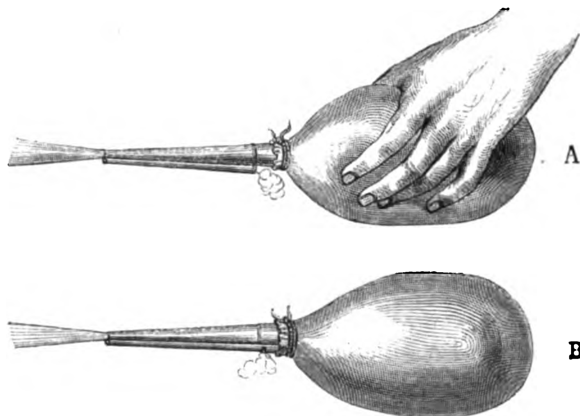


FIG. 1 et 2.

Si on *lisait*, n'aurait-on pas relevé dans la *Pratique* de Guainerius (1) deux cas d'aphasie : un vieillard ne pouvait prononcer que trois mots ; un autre, dans l'impossibilité où il était de dire le vrai nom d'une chose ou d'un être, répétait toujours *chose, homme*, etc. ? N'aurait-on pas rapporté aussi des exemples de céphalalgie due à l'usage de pain chargé d'ivraie, et rappelé les nombreux détails sur les superstitions relatives aux incubes et aux succubes, sur les moyens employés pour constater la mort, enfin sur les traitements barbares ou bizarres auxquels on avait recours contre l'apoplexie, ou la paralysie, ou le spasme, ou l'aliénation mentale ?

On ne doit pas négliger non plus les renseignements que le même Guainerius nous donne, soit sur des espèces très-singulières de folie (2), soit sur la pratique des *Parisiens* qui, déjà bien avant Botal et Gui Patin, tiraient jusqu'à trois livres de sang d'un seul coup. Mais on ne peut se défendre d'un sourire quand on voit un si savant docteur donner la prescription suivante contre les piqûres venimeuses : Prendre un poulet dont on a arraché les plumes autour de l'anus, puis placer ledit anus dépouillé sur le lieu de la piqûre, en même temps que l'on tient le bec fermé pour que le malheureux poulet aspire ainsi le venin par l'anus ! Aujourd'hui encore un poulet blanc ou noir, je ne me souviens pas exactement de la couleur, fait merveille, coupé en deux tout vivant et mis en cataplasme, surtout dans les *fièvres malignes*.

Autre histoire plus sérieuse, plus instructive, malgré son triste dénoûment. Un écuyer du duc de Savoie était atteint d'une pleurésie très-grave. Les médecins *juifs* à qui il avait confié le soin de sa personne répétaient sur tous les tons qu'ils répondaient de sa vie, puisque l'urine conservait bonne apparence. Guainerius, appelé en consultation, soutenait au contraire que *l'urine ne fournit aucun signe certain dans la pleurésie* (3), et que

(1) Jacques des Parts, égaré sans doute par la mauvaise traduction, ne me paraît pas avoir compris Avicenne ; mais il donne de curieux détails sur la forme des clystères en usage de son temps.

(2) Le texte d'Avicenne est en partie confirmé par le chap. LXXXIII de la *Chirurgie* d'Albucasis (voy. trad. Leclerc, p. 195).

(1) Florissoit dans la première moitié du XV[e] siècle.

(2) On dit vulgairement d'un fou ou d'un homme qui a l'esprit un peu détraqué : Il a une araignée dans la tête, ou une araignée dans le plafond. Je trouve dans la *Pratique* de J. de Concorreggio (I, 23) que les fous ont été comparés au *catebut*, ou araignée d'eau, qui a de grandes pattes, et fait toutes sortes de mouvements désordonnés et ridicules. N'y aurait-il pas quelque analogie entre le dicton populaire et cette comparaison ?

(3) Jacques des Parts insiste aussi sur le peu de confiance que l'on

le pauvre malade était en grand danger de mort. Et voilà que tout à coup, au milieu de ces altercations (on était au onzième jour), l'écuyer fut pris d'étouffement et que son côté *devint livide* (1) : il était déjà mort depuis longtemps, que les juifs affirmaient encore qu'il dormait profondément ! J'en passe et des meilleures ; surtout je ne voudrais ici ni rapporter toutes les pratiques immondes (2) que l'on conseille sans rougir pour différentes affections sexuelles, même pour les personnes engagées dans les liens de religion, ni raconter toutes les superstitions relatives à la stérilité ou à la conception : de pareils détails sont plus à leur place dans un livre que dans un cours.

Tout le monde parle de Jacques des Parts et personne ne le connaît, parce que personne ne l'a lu (3), ni Quesnay, ni Sprengel, ni Hazon suivi par la *Biographie médicale*, ni Éloy copié par le *Dictionnaire historique de la médecine ancienne et moderne*, ni les écrivains les plus récents qui s'en sont occupés. Non, le *Commentaire sur Avicenne* en cinq immenses volumes in-folio (y compris ceux de Gentilis et d'autres) n'est pas seulement « un tissu de lambeaux pris de Galien, de Rhazès et de Haly », c'est un livre très-érudit, où sont cités une foule d'auteurs ; c'est un livre très-instructif par tous les renseignements qu'il fournit sur la pratique médicale du temps, sur les épidémies contemporaines ou antérieures (par exemple, *la peste noire*), sur les opinions en faveur, que des Parts critique assez librement, même sur les superstitions dont il se moque parfois. Je crois vous avoir prouvé, dans les trois leçons que je leur ai consacrées, que ces *Commentaires* ne sont ni aussi fastidieux, malgré leur prolixité, ni aussi dénués d'intérêt qu'on affecte de le répéter pour se dispenser même de les parcourir.

Voulez-vous une preuve entre cent de mes allégations ? La voici évidente, palpable :

A la page 19 des *Pisanæ Prælectiones* de Mercuriali, on lit : « Nec mihi placet eorum sententia qui adeo recenter ortas » faciunt peticulas... Jacobus de Partibus, medicus non incele- » bris... ipsarum clarissime meminit in *Comm. ad Avicen.* » *prima quarti tract. 4, cap. secundo*, ubi appositissime eas » describit atque similes morsibus non culicum, sed proprie » pulicum..... facit. »

En 1651, Riolan, à la page 218 de ses *Curieuses recherches sur les escholes en médecine*, écrivait : « Je ne puis souffrir que Fracastor, médecin italien très-docte, parlant de la fièvre pourpre (*typhus pétéchial*), dise qu'elle n'était pas connue en France l'an 1529... A la fin du xve siècle, un médecin de Paris, nommé Jacques des Parts, en a le premier écrit assez clairement et doctement, employant les saignées pour la guérison. »

En 1718, Hazon, dans sa *Notice des hommes les plus célèbres en la Faculté de médecine*, répète à peu près les mêmes choses, mais, comme Riolan, sans indiquer le passage. Borsieri, à son tour (en ses *Institutiones medicinæ practicæ*, t. II, p. 294, éd. Hecker), s'en rapporte à Mercuriali et ne remonte pas à la source. Sprengel (dernière édition allemande de son *Histoire pragmatique de la médecine*) déclare qu'il n'y a pas un mot de la fièvre pourprée dans le *Commentaire* de Jacques des Parts. Mon savant ami M. Haeser, influencé sans doute par l'autorité si usurpée de Sprengel ; M. Haeser, qui semble cependant avoir pris la peine d'ouvrir le *Commentaire*, confirme (dans ses *Matériaux pour servir à l'histoire des épidémies*, p. 167-168) le jugement de l'historien de Halle, et soutient que Borsieri n'a pas lu le chapitre auquel il renvoie, car on n'y trouve aucun trait qui se rapporte à la fièvre pourprée (1). Je ne fais pas difficulté de reconnaître que personne, pas plus Mercuriali, qui donne cette fausse indication, que Borsieri, qui ne la rectifie pas, ne trouvera rien à *Canon* IV, *tractatus* IV, *fen.* I, *caput* 2. Ni moi non plus, je n'aurais rien trouvé à cet endroit, si la suite d'une lecture attentive ne m'eût amené au chapitre I (2) avant de me conduire au chapitre II. Voilà tout le secret de cette affaire ! C'est dans le chapitre I que Jacques des Parts mentionne la fièvre pourprée. Une erreur de Mercuriali lui-même ou des imprimeurs a mis nos historiens en déroute.

Le texte que je transcris ne laisse rien à désirer. Parmi les vingt-six signes de la pestilence (ce mot comprend beaucoup de maladies épidémiques fort diverses ; et la plupart des prétendus signes communs à toute peste correspondent à des espèces particulières), on lit au dix-septième : « Decimum septimum est quod in febre pestis aliquando accidit *bothor* sub- » albida et rubea, id est parve pustule in superficie corporis, » quandoque albe saniose, quandoque rubee, similes variolis » ex ebullitione putrefacti sanguinis. Et circa istas pustulas » notat (Avicenna) quod interdum velociter apparent, et etiam » interdum cito occultantur et delitescunt secundum quod » putridus sanguis ebulliens nunc foras erumpit, nunc intra » retrahitur. *Et sub hoc signo quedam cutis macule intelliguntur* » *nigre aut virides aut violacee vel subrubee similes illis que cuti* » *contingunt ex morsibus pulicum que vulgariter solent dici* » *plane* (3) ; *et sunt de signis malis et mortalibus, precipue nigre* » *vel violacee vel co loris viridis*, quoniam attestantur super » magna humorum corruptione non emendabili. »

Lorsqu'on voit un personnage aussi considérable qu'était Jacques des Parts si légèrement apprécié, quelle place pouvaient avoir des auteurs du second ordre comme Sermoneta (*Questions très-subtiles sur les Aphorismes*), Bagellardus (*Sur les maladies des enfants*), Villalobos (*Sommaire de médecine*, en espagnol), Ardoynus (*De venenis*), Christophorus de Honestis (*Sur Mésué*), Saladinus (*Compendium aromatariorum*), Manlius

doit avoir dans l'aspect des urines, surtout quand il s'agit de maladies épidémiques.

(1) Cela rappelle les *frappés* dont Hippocrate parle à propos de la pleurésie.

(2) Joannes de Concorreggio, dans son *Practica nova* ou *Lucidarium*, indique aussi les plus étranges et les plus hideux procédés pour détourner de l'objet de sa flamme un amant passionné, mais éconduit.

(3) A propos des *anciennes escholes* de médecine à Paris, M. le docteur Chéreau a donné dans l'*Union médicale* une fort bonne notice sur une partie de la vie de J. des Parts. En lisant les *Commentaires*, on peut ajouter plusieurs faits ignorés. Je reviendrai sur ce personnage et sur ses œuvres.

(1) Si je ne me trompe, M. Haeser, dans la 2e édition de son *Histoire des épidémies* (1865), ne revient pas sur cette déclaration ; cependant, dans son *Manuel d'histoire de la médecine* (1853, 2e édition, p. 317), je vois, au moment même où je relis ces pages, qu'il a retrouvé le vrai passage (comment? il ne le dit pas) ; mais il n'en tire aucune conclusion contre Sprengel et en faveur de Borsieri ; il ne croit même pas qu'il s'agisse de la fièvre pétéchiale, mais des éruptions cutanées dans les maladies fébriles, opinion que je ne saurais partager.

(2) Voyez encore IV, I, I, 3, une épidémie de typhus des camps au siége d'Arras. Cf. aussi Monstrelet, chap. CXXVII, t. III, p. 32 de l'édit. de la Société de l'histoire de France, et Coyttarus, *De febre purpura epidemiali*, p. 169.

(3) « Vulgus lenticulas aut puncticula appellat quod maculas proferant » lenticulis aut puncturis pulicum similes. » (Fracastor.) — On les appelait aussi *peticulæ*, *pestichiæ* (d'où *pétéchies*), diminutif de peste. — Voyez aussi Coyttarus, *De febre purp. epidem.*, p. 5, 45-46, 161, 169, 170.

de Bosco (*Luminare majus apothecariorum*), les traités d'hygiène de Benedictus de Nursia, d'Aldobrandini, de Gazius, et de beaucoup d'autres qu'il serait trop long d'énumérer.

Les *Pratiques* de Gatenaria et du très-érudit, très-didactique et parfois indépendant Matthæus Ferrarius de Gradi; celle d'Arculanus, l'*Expositio* de Sillanus, la *Clarification* de J. de Tornamire, ne sont guère que des commentaires, les uns courts, les autres plus longs, du IXe livre du traité dédié par Rhazès au calife Almanzor. Arculanus dit même que ce traité est le plus utile du monde, qu'il faut tout lui sacrifier, puisqu'il procure tous les biens, pourvu qu'on ne marchande ni le temps ni la peine qu'on prend à le commenter (1). La *Pratique* de Michel Savonarole, est une œuvre méritoire, car elle résume les opinions, les doctrines, les théories qui avaient cours au milieu du xve siècle; à ce titre, elle répond très-exactement aux vœux de l'auteur qui se proposait d'épargner la peine et le temps aux médecins en leur présentant, dans un seul volume, le résumé de ses lectures ou de sa propre expérience (c'est la plus mince partie de l'ouvrage) et en prenant Avicenne pour modèle et pour guide; il espère que son livre rendra plus de services à ses confrères que toutes les discussions dialectiques auxquelles se livrent les médecins *au coin des rues ou sur les places*. Ce n'est pas là, en effet, dit Savonarole, que vont étaler leur longue barbe ceux qui ambitionnent le titre et la réputation de vrai médecin praticien.

Que d'erreurs à rectifier, que d'omissions à réparer, que d'inexactitudes à signaler dans l'histoire de la chirurgie au xve et au xvie siècle! Les historiens qui passent pour les mieux informés, ou n'ont même pas lu intégralement les traités spéciaux écrits à cette époque, ou ne se sont pas souvenus de tout ce que les auteurs ont *emprunté* aux Arabes, à Gui de Chauliac, aux chirurgiens italiens des xiiie et xive siècles; ou enfin ils n'ont pas assez cherché en dehors de ces traités spéciaux tous les renseignements précieux que renferment les *Pratiques médicales*, les *Commentaires*, les *Consilia*, sur l'état de la chirurgie à l'époque dont nous nous occupons. Disons à l'honneur des chirurgiens du xve siècle que s'ils n'ont pas su s'affranchir entièrement des préjugés de leur temps, ils sont cependant beaucoup moins superstitieux et plus positifs que les médecins. Au xviie siècle, nous trouverons également les *maîtres en chirurgie* plus instruits et moins ridicules que les *docteurs en médecine*.

Nous avons consacré six leçons à l'histoire de la suette et quatre aux origines de la syphilis, laissant pour le moment de côté la discussion des problèmes de pathologie que l'étude de cette maladie soulève dès les premières années du xvie siècle. Les textes anciens relatifs à la suette, maladie dont on trouve les premières traces en 1486, sont très-peu connus en France, malgré l'important recueil publié il y a juste vingt ans par M. Haeser, d'après les papiers de Gruner. On a cité, mais le plus souvent sans les lire, un grand nombre de monographies ou d'articles de journaux écrits depuis le xviie siècle en France ou à l'étranger; nulle part je n'ai trouvé un résumé satisfaisant de ces nombreux travaux. Le résultat capital de nos recherches et des confrontations auxquelles nous nous sommes livrés ensemble, c'est que la maladie dite *suette anglaise* est bien exactement la même maladie que la *suette miliaire* des modernes, ou *suette des Picards*. Aucun caractère essentiel ne manque; notre suette n'est donc pas une maladie nouvelle, et la suette anglaise n'est pas une maladie perdue; il n'y a de différence que dans le chiffre de la mortalité: encore ai-je montré, par des statistiques aussi rigoureuses que possible, que cette différence tenait, non pas à un changement de nature dans la maladie, mais à un changement de conditions hygiéniques et de traitement pour les malades. A ce propos, j'ai cru pouvoir manifester quelques doutes sur la validité des assertions de certains médecins qui prétendent que la suette bien traitée, c'est-à-dire traitée d'après leur méthode, n'est *jamais* mortelle.

Quant à la syphilis, il y a longtemps que j'ai nié l'origine américaine et que j'ai soutenu l'origine ancienne. Depuis que j'ai lu les auteurs du xiiie, du xive et des deux premiers tiers du xve siècle; depuis que j'ai étudié les descriptions données par les contemporains (1) de la grande épidémie des dernières années du xve siècle, à dater de 1493, surtout de 1496, cette opinion n'a fait que grandir et passer à l'état d'une entière conviction; j'ai même, si je ne m'abuse, réussi à porter la même conviction dans votre esprit.

En premier lieu, nous avons soigneusement relevé et discuté les textes antérieurs à l'an 1493, et qui se rapportent manifestement à des cas de syphilis *vraie* dans ses formes primitive, secondaire ou constitutionnelle (2), puis les dires des contemporains de l'épidémie. Cet inventaire rétrospectif nous donnait déjà gain de cause; mais nous ne pouvions nous arrêter dès ce premier pas. Poursuivant notre marche, nous avons trouvé, dans les ouvrages contemporains de l'épidémie, des descriptions qui, prises en elles-mêmes, ne vaudraient pas mieux et ne prouveraient pas plus que celles du xiiie, du xive ou du commencement du xve siècle, si elles n'étaient pas groupées et si elles ne se rapportaient pas à un plus grand nombre de malades: c'est par ces deux points seulement qu'elles se rattachent avec sûreté aux descriptions subséquentes, tandis que par leur insuffisance elles servent d'intermédiaires entre les observations rares (3) et isolées des siècles précédents, et les faits innombrables qui, au xvie siècle, sont enfin mis sur le compte d'une contagion directe, et sur lesquels la forme épidémique n'avait presque plus de prise. Cela est si vrai, que de graves auteurs ont pensé que les premières descriptions qu'on rapporte à la syphilis ne s'y rapportaient réellement pas, ce qui est une grosse erreur commise par défaut de critique historique. D'un autre côté, plusieurs écrivains contemporains fort sérieux donnent, sur la marche de la syphilis, des renseignements qui ne permettent absolument pas ni de la croire née, pour ainsi dire, du sol vers 1493, ni de la

(1) Arculanus a une description assez exacte du *delirium tremens potatorum*.

(1) La collection a été réunie par Fuchs en 1843, avec un supplément en 1850.

(2) Voyez un savant mémoire de M. Corradi, professeur à l'université de Palerme, intitulé : *Caso di sifilide constituzionale nel trecento* (lisez *quatrocento*). Milano, 1866, in-8.

(3) Cette rareté, cet isolement, sont, suivant moi, relatifs; ils tiennent, d'une part, à toutes sortes de préjugés sur les affections des organes génitaux, préjugés d'autant plus forts et plus répandus, qu'on s'enfonce davantage dans le moyen âge, et d'autre part, à la difficulté à peu près invincible d'établir, dans un grand nombre de cas, un diagnostic rétrospectif, parce que les traits caractéristiques des maladies ont été généralement séparés les uns des autres et défigurés par les auteurs de cette époque. — Surtout n'oublions pas que dans les premières descriptions de la fin du xve siècle, les causes déterminantes de la syphilis sont, comme dans presque toutes les observations antérieures, cherchées partout ailleurs que dans la contagion directe.

faire venir d'Amérique. La chronologie et le silence absolu de ces mêmes auteurs contemporains s'opposent énergiquement à cette dernière supposition, mise en avant pour la première fois par Oviedo, auteur suspect de partialité contre les Indiens, ainsi que l'ont démontré l'auteur anonyme de *La America vindicada de la calumnia de haber sido madre del mal venereo* (Madrid, 1785, in-4°) et Hensler, dans son *Histoire de la syphilis*. De plus, les déclarations formelles, après sérieuse enquête, de deux célèbres historiens américains, Prescott et Irwing (1), prouvent jusqu'à l'évidence que les compagnons de Christophe Colomb n'ont pas exporté la syphilis d'Amérique, mais qu'ils l'y ont au contraire importée.

Avec la dernière leçon sur la syphilis finissait l'histoire du xve siècle, qui ne nous a pas demandé moins de vingt-neuf leçons ; l'histoire du xvie nous a retenus pendant quinze autres leçons.

L'œuvre du xve siècle peut être comparée à l'œuvre de Galien : le xve siècle rassemble, conserve, cimente les connaissances acquises par les siècles antérieurs, de même que Galien avait écrit la *somme* de la médecine ancienne ; l'œuvre du xvie siècle est précisément de commencer le siége de toutes les fortifications élevées par le xve. Si ces fortifications ont retardé la marche de la médecine, elles l'ont du moins protégée contre des attaques parfois intempestives, contre un élan mal calculé et du reste encore mal servi par les circonstances (2).

Quelque important que soit le rôle du xvie siècle, si l'on considère la nouvelle direction que prend la science, l'étude de ce siècle est cependant, j'ose le dire, au risque de provoquer une exclamation de surprise, moins attrayante que celle du xve. — L'histoire générale de ce siècle se réduit à trois points : les humanistes qui discutent sur les textes, — les anatomistes qui scrutent la nature, — Paracelse qui rêve en plein midi et délire en pleine santé. — Si je n'y voyais la marque certaine de l'émancipation de l'esprit humain et la préparation à la critique des textes, je ne prendrais aucun plaisir aux injures que les humanistes se jettent à la face ; leurs attaques, souvent mal dirigées, contre les Arabes, ou leurs admirations mal justifiées pour les Grecs, m'instruisent moins que les *Consilia*, même que les Commentaires si prolixes du xve siècle. Le galimatias de Paracelse ne pouvait pas nous récréer ; il n'y avait pas non plus grand profit à tirer des disputes sur la valeur comparative des médicaments galéniques et des médicaments chimiques. Du moins, sans compter l'intérêt qu'offre l'anatomie à cette époque, nous avons trouvé quelque délassement et quelque solide instruction dans l'esprit et la verve de Joubert, le bon latin de Fernel, les précieuses observations de Septalius, de Mercatus et d'autres ; dans les belles descriptions de Baillou ; dans le suprême bon sens d'Ambroise Paré, de ce chirurgien à la fois hardi et prudent qui invente et perfectionne ; enfin dans le développement de cette admirable proposition avancée, deux siècles trop tôt, par Crato de Kraftheim « qu'on ne peut pas comprendre Hippocrate si l'on n'est pas clinicien ».

La vie errante, pour ne pas dire vagabonde, des héros, ou, si vous préférez, des athlètes du xvie siècle, avait aussi un côté piquant et presque romanesque que j'ai essayé de mettre en relief, pour bien vous faire comprendre quels étaient alors l'ardeur des convictions, l'âpreté des caractères, le zèle batailleur pour la restauration de l'antiquité, et ce besoin de locomotion qui correspondait exactement à un mouvement parallèle de la pensée toujours en quête de nouveautés.

Quand on parle de Vésale, il est difficile de répondre à l'opinion que le public médical s'en est faite, plutôt sur son ancienne réputation que sur l'exacte et consciencieuse révision des pièces du procès : il y a quelque péril à vouloir abaisser le piédestal sur lequel la tradition a élevé ce grand homme ; mais c'est le devoir de l'historien de mettre les faits en leur jour et les hommes à leur place. — J'ai tâché de remplir ce devoir ; je crois avoir apprécié, comme il convenait, les immenses services que Vésale a rendus pour l'époque où il vivait, mais en même temps j'ai démontré que son traité *De corporis humani fabrica*, envisagé dans la série historique, n'était qu'une seconde édition, revue, corrigée et beaucoup amendée, des écrits anatomiques de Galien. — C'est Vésale qui a remis en honneur les vrais principes de l'anatomie ; il a *disséqué* comme l'avait fait Galien, et ne s'est pas contenté d'*ouvrir* des cadavres, comme cela se pratiquait encore de son temps ; il a mis l'observation de la nature au-dessus de l'autorité, et il a commencé cette démonstration qui devait précéder toute recherche ultérieure, à savoir, que Galien avait disséqué des animaux et non des hommes ; il a transposé, pour ainsi parler, les descriptions galéniques du singe à l'homme ; enfin il a appliqué ces divers principes à tout l'ensemble de l'anatomie. Cependant son scalpel ne va pas beaucoup plus loin que celui du médecin de Pergame ; ses découvertes personnelles ne sont pas très-nombreuses ni du premier ordre ; et son traité fourmille encore de nombreuses erreurs, héritage funeste de Galien. L'école italienne, où Vésale a reçu sa première instruction, a donné un homme moins populaire, parce qu'il a été sur un plus petit théâtre et qu'il a écrit de plus petits ouvrages, mais qui doit être compté au nombre des plus grands anatomistes : c'est Fallope. Haller a dit de sa personne : « *Candidus vir, in anatome indefessus, magnus inventor, in neminem iniquus* », et en parlant de ses *Observationes anatomicæ* : « *Eximium opus et cui nullum priorum comparari potest*. » Ce n'est pas Vésale qui a fait Fallope, quoiqu'il soit son aîné de quelques années (Vésale né en 1513 ou 1514 ; Fallope, en 1523) ; mais tous deux sont le produit du même milieu scientifique. Le premier a écrit un *Opus majus* ; le second, des *Libelli aurei*. Le premier avait le génie de l'invention ; le second, le génie de la méthode ; ou plutôt Fallope avait du génie, Vésale n'avait que du savoir.

L'étude des ouvrages de Vésale m'a démontré une fois de plus avec quel soin jaloux il faut remonter aux sources, et combien il faut se défier des informations d'autrui. Lorsque j'abordai, il y a de cela plusieurs années, le traité *De corporis*

(1) Les résultats de cette enquête ont été consignés dans l'*Histoire de Christophe Colomb* et dans l'*Histoire de Ferdinand et Isabelle*, mais surtout dans une lettre spéciale que le *New-York Journal of medicine* a publiée en mars 1844. Il m'a été impossible de me procurer ce journal en France, ni d'acheter ce numéro en Amérique, ni de le faire venir d'Angleterre ; j'ai pu du moins obtenir une copie intégrale de ce précieux document par l'entremise de M. d'Abzac, attaché au consulat général de New-York, et de M. le docteur Goulden, à qui j'offre ici tous mes remercîments.

(2) Argentier est l'adversaire le plus sérieux de la routine, et Cardan eût également rendu des services s'il n'avait pas gâté un savoir réel par une insupportable jactance et par des idées ridicules.

humani fabrica, je me persuadais que ma tâche devait être fort allégée par la lecture d'une monographie qui a pour titre : *Études sur André Vésale*, et pour auteur M. Burggraeve (Gand, 1841); mais quelles ont été ma surprise et ma déception quand j'ai reconnu, dès les premières pages, que l'honorable M. Burggraeve prête à Vésale des opinions qu'il n'a jamais eues, lui attribue des découvertes imaginaires, ou qui se lisent, soit dans Galien, soit dans les prédécesseurs immédiats du célèbre anatomiste de Bruxelles, tandis qu'il ne lui fait pas toujours honneur de celles qui lui appartiennent en réalité; même en plus d'une circonstance, le texte de Vésale mis au bas des pages ne répond pas au texte de son biographe. Il m'en coûtait de mettre sous vos yeux les preuves de ces assertions; cependant, par respect pour un confrère digne de toute estime, je ne pouvais pas sacrifier les droits de l'histoire, ni paraître porter de faux jugements, si on les rapproche sans contrôle de ceux de M. Burggraeve. De tels livres sont dangereux, car ils égarent les esprits, et peuvent dégoûter ou détourner des recherches sérieuses : en dégoûter, quand on voit le crédit que ces livres obtiennent sur leur simple étiquette; en détourner, si l'on est tenté de croire (et cela est assez naturel) que la question doit être vidée quand un homme fort instruit d'ailleurs semble y avoir donné toute son attention.

Il y a un petit grain de folie dans toute la raison du XVIe siècle; les esprits font émeute et sont en proie à un certain *delirium tremens*. Le mysticisme est une des formes de cette révolte et de cette folie; il règne partout, peu en France, plus en Angleterre, mais beaucoup dans les pays germaniques; et il se trouve qu'un médecin, Paracelse (1493-1541), résumant en lui ce mysticisme, cette folie, a pu dire qu'il était possédé par l'*Archée de l'Allemagne* comme Hippocrate l'était par l'*Archée de la Grèce*. Mais combien sont différents les deux *archées !* Paracelse, ridicule jusque dans son nom (*Philippus-Theophrastus Paracelsus Bombastus von Hohenheim*), est un philosophe sans logique, un médecin qui ne se doute même pas de ce que vaut le régime dans les maladies. Je ne pardonne l'enthousiasme pour ses écrits qu'à ceux qui ne les ont pas lus, car cent pages étudiées péniblement avec un lexique spécial suffisent pour calmer les imaginations les plus ardentes et la partialité la plus décidée.

On a mis à louer Paracelse autant de passion qu'à le décrier. Paracelse ne méritait, messieurs,

Ni cet excès d'honneur, ni cette indignité.

Ce n'était pas un réformateur, le génie lui manquait; il n'avait que la violence, et n'a laissé qu'un disciple qui a changé de drapeau; mais ce n'est pas non plus rien qu'un vil charlatan. On ne réforme pas la médecine quand on ne fait ni anatomie, ni physiologie, quand on est un méchant chimiste; on n'est pas rien qu'un charlatan quand on a fait la guerre aux *formules de cuisine* (*suppenwust*), et qu'on a proposé quelques principes nouveaux de thérapeutique, ou du moins quelques genres nouveaux de médication. On n'est pas non plus un grand médecin quand on prétend qu'il n'est pas nécessaire de connaître les maladies, mais seulement l'une de leurs causes, pour les guérir, et quand on use des médicaments à l'aventure, ayant aussi peu de mesure dans les doses que dans les paroles. Enfin, on est bien près de certaines rêveries homœopathiques, lorsqu'on avance qu'en vertu de propriétés occultes et de sympathies cachées, les maladies se guérissent par les mêmes radicaux que ceux qui existent dans le corps et donnent naissance à ces maladies. La chirurgie de Paracelse ne vaut guère mieux que sa médecine; le mauvais, l'absurde y abondent; le peu qu'elle renferme de bon est emprunté. *Ab uno disce omnes* : Qu'est-ce que la rage? Réponse : C'est le résultat d'une double idée : le chien veut toujours mordre, et l'homme craint toujours d'être mordu !

En quatre mots, Paracelse est un empirique doublé d'un mystique : deux lignes de l'*Archée de la Grèce* valent mieux que deux volumes in-folio de l'*Archée de l'Allemagne*.

Messieurs, je mettrais votre patience à une trop rude épreuve si, après un aussi long résumé du cours de l'année passée, (résumé justifié cependant, j'ose du moins le croire, par l'importance des sujets que nous avons étudiés ensemble), je donnais les mêmes proportions au programme du cours de cette année.

Le XVIIe siècle retentit du grand nom de Harvey. La découverte de la circulation du sang occupe, agite, passionne tous les esprits; elle se complète et se confirme par la découverte de l'appareil chylifère, des vaisseaux lymphatiques, et par les recherches sur le système glandulaire (1). Tandis que l'anatomie prolonge de plus en plus les voies déjà si largement ouvertes par le XVIe siècle, et qu'elle s'essaye même au maniement du microscope, la pathologie lutte avec une désolante énergie contre les conquêtes modernes de la physiologie : tout l'esprit caustique de Gui Patin ne suffit pas à nous dédommager de tout le pédantisme routinier de Riolan; et si nous n'avions pas les pages immortelles de Sydenham, « l'Hippocrate anglais » (quelle gloire pour une nation d'avoir produit en un même siècle Sydenham et Harvey !), l'histoire médicale du XVIIe se trouverait partagée entre une réaction idiote et des théories plus ou moins hardies et ingénieuses, mais toutes vaines, parce qu'elles sont exclusives : entre celles de van Helmont, l'héritier de Paracelse sous bénéfice d'inventaire, et celles de Sylvius, disciple réservé de van Helmont, ou celles enfin de Borelli, le précurseur de Haller. L'iatrochimie de Sylvius et l'iatromécanique de Borelli représentent les deux systèmes qui se sont tour à tour disputé la pathologie générale, l'humorisme et le solidisme, mais transformés par une science nouvelle, la chimie qui se dégage de l'alchimie, et par une science renouvelée, la physiologie. Quant à la chirurgie, elle vit des souvenirs du XVIe siècle, et attend Lapeyronie ! Le XVIIe siècle n'a plus la pleine possession du passé comme le XVIe, et n'a pas encore le juste sentiment de l'avenir; sans la découverte de la circulation qui le remplit tout entier, ce siècle ne serait pour la pathologie que l'écho ou l'amplification du XVIe et la préparation du XVIIIe. Ce serait seulement une période de transition.

On a beaucoup exagéré l'influence que les systèmes philosophiques ont exercée au XVIIe siècle sur la marche et les destinées de la médecine, c'est un point que nous examinerons avec tout le soin qu'il comporte : mais je puis dire par avance que les grandes théories médicales sont, pour ainsi parler, autochthones; elles sortent des entrailles mêmes de la médecine, je veux dire de la physiologie; le

(1) Les monographies sur ces divers sujets abondent au XVIIe siècle, et la polémique tient la plus grande place dans les écrits de cette époque. La solution des questions de priorité n'est pas toujours facile.

peu que la philosophie a donné à la médecine a été, en général, un assez pauvre cadeau. — Quand la médecine s'est reformée, elle l'a fait en vertu de deux forces indépendantes de tel ou tel système de philosophie, du sensualisme comme du spiritualisme ou du scepticisme, même du rationalisme. L'une de ces forces est le développement naturel de la science, qui, dès la fin du XV[e] siècle, passe des principes de l'autorité aux principes de l'observation; — l'autre est l'influence générale du milieu que n'ont créé ni Bacon ni Descartes, mais qu'ils ont subi avec toute la génération du XVII[e] siècle, seulement avec plus de génie que le gros des écrivains et des savants. C'est moins par la puissance des méthodes de démonstration que par celle des méthodes de découverte, que la médecine est sortie, dès la première moitié du XVI[e] siècle, de ses vieilles et profondes ornières.

Enfin, messieurs, pour terminer cette leçon, ou, si vous voulez, ce plaidoyer en faveur des doctrines historiques que je tiens pour vraies, je n'ajouterai plus qu'un mot : l'*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*, « le plus brillant triomphe de la physiologie expérimentale », pour me servir d'une expression de M. Haeser, a paru en 1628, à Francfort; mais déjà depuis douze ou quatorze ans Harvey avait démontré la circulation, soit dans ses leçons sur l'anatomie, soit devant les membres du Collége de médecine de Londres. C'est en 1605, il est vrai, que parut la première édition en anglais du *De augmentis scientiarum* de Bacon (1); mais vous reconnaîtrez que ce premier essai, si vous prenez la peine de le parcourir, ne pouvait exercer aucune influence décisive sur la direction des recherches de Harvey, qui, du reste, déclare hautement *ne devoir rien aux philosophes*. Quant à l'immortel *Discours sur la méthode*, il n'a paru qu'en 1637. Donc, ce ne sont ni Bacon ni Descartes, les deux plus grands philosophes du XVII[e] siècle, qui ont fait Harvey, le plus grand médecin de ce même siècle, tandis que c'est très-certainement Harvey, disciple d'un anatomiste distingué, Fabrice d'Acquapendente, qui a refait la médecine par la physiologie.

CH. DAREMBERG.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

LECTURES DU VENDREDI SOIR.

M. J. TYNDALL (2)

(de la Société royale de Londres).

Influence du magnétisme et du son sur la lumière ; influence du son sur les veines liquides. — Expériences de Faraday, Biot et Savart.

Ce discours a été prononcé sur la demande de l'éminent président de l'Institution royale. L'orateur n'avait pas à exposer des découvertes récentes; il a cherché seulement à donner à des expériences déjà anciennes une forme de nature à intéresser un auditoire intelligent.

(1) Le traité, dans sa vraie forme, n'a été publié qu'en 1623.

(2) Voyez, dans la *Revue des cours scientifiques*, d'autres leçons de M. J. Tyndall, sur les *flammes sonores et sensibles*, tome IV, p. 200, 23 février 1867; sur les *vibrations des cordes*, tome IV, p. 56, 22 décembre 1866; sur la *formation des glaciers*, tome III, p. 447, 2 juin 1866; et sur la *chaleur rayonnante*, tome III, p. 226, 3 mars 1866.

I. — Après avoir montré d'abord quelques-uns des phénomènes électro-magnétiques les plus curieux qu'on peut produire au moyen d'une spirale et d'un barreau de fer doux, le professeur s'est posé cette question : Si l'on supposait le barreau transparent, quel effet produirait son aimantation sur le rayon qui le traverserait ? Cette même question s'était probablement déjà présentée à l'esprit de Faraday. Malheureusement le fer n'est pas transparent; et ce grand expérimentateur devait chercher longtemps avant de trouver une autre substance qui fût transparente et qui pût lui servir à montrer l'action du magnétisme sur la lumière.

Sur la lumière dans ses conditions ordinaires, l'électricité ne produit pas d'effet sensible. Le professeur montre les effets de la polarisation de la lumière au moyen du prisme de Foucault et d'une plaque de tourmaline. Il fait voir les phénomènes chromatiques que l'on produit avec une plaque de cristal de roche taillée à angles droits sur son axe et placée entre le polariseur et l'analyseur d'un polariscope. Il explique aussi, au moyen de la tourmaline, ce qu'on entend par plan de vibration et plan de polarisation.

Une plaque de quartz composée de deux demi-cercles, l'un provenant d'un cristal polarisant à droite, et l'autre d'un cristal polarisant à gauche, était placée devant une lampe électrique; et l'on faisait passer un faisceau de lumière polarisée à travers la plaque. Ce faisceau traversait des ouvertures ménagées dans deux morceaux de fer placés sur les extrémités d'un puissant électro-aimant, et qui en constituaient ainsi les deux pôles mobiles. Au delà du plus éloigné de ces deux pôles se trouvait un prisme de Foucault, que le faisceau lumineux traversait pour arriver finalement sur un écran blanc. On disposait entre la plaque de quartz et l'aimant une lentille qui envoyait sur l'écran une magnifique image de la plaque.

Le professeur montre les changements de couleur que l'on produit quand on fait tourner le plan de polarisation. Lorsqu'on amène, par exemple, l'image entière de la plaque de quartz sur un peu de couleur puce, la plus légère rotation du prisme de Foucault colore l'un des demi-cercles en rouge vif et l'autre en vert éclatant. Si l'on rétablit ensuite la couleur puce et qu'on place entre les deux pôles de l'aimant un morceau de ce verre pesant avec lequel Faraday montra le premier l'action du magnétisme sur la lumière, le rayon est transmis par le verre, sans qu'on aperçoive aucun changement dans l'image qui se produit sur l'écran.

Mais si maintenant on provoque le développement des propriétés magnétiques de l'électro-aimant en y lançant un courant électrique, l'uniformité de couleur disparaît aussitôt: l'un des demi-cercles revient rapidement au rouge vif, et l'autre au vert éclatant. Si l'on change la direction du courant, la position relative des couleurs est intervertie; et, quand on interrompt le courant, on retrouve la couleur puce. On prouve ainsi la similitude des effets que produit le magnétisme et la rotation mécanique du plan de polarisation. C'est à cette célèbre expérience que Faraday a donné le nom de magnétisation de la lumière (1).

II. — La belle expérience de Biot relative à l'influence des vibrations sonores sur la lumière polarisée fut ensuite exécutée de manière à être visible pour toute l'assemblée. Un

(1) Voyez, dans notre tome IV, page 641, 7 septembre 1867, un article de M. Quet sur *le magnétisme et l'électricité*.

morceau de verre de forme rectangulaire, ayant six pieds de longueur sur deux pouces de largeur et une épaisseur d'environ un quart de pouce, était tenu par un collier à son centre, et placé entre le polarisateur et l'analyseur de manière que le faisceau traversant le rectangle de verre sortît près du centre. Le prisme polarisateur était placé de façon à éteindre le faisceau. On faisait vibrer longitudinalement la moitié du rectangle de verre avec un tampon de toile mouillée, et aussitôt tombait sur l'écran un disque lumineux d'un yard de diamètre. Chaque passage de la toile faisait vibrer le verre et illuminait l'écran.

Une plaque de sélénite incolore fut placée de la même manière entre le polarisateur et l'analyseur, pour produire un système d'anneaux colorés vivement nuancés. Par une disposition convenable de l'expérience, les couleurs se trouvaient complétement éteintes lorsque le rectangle de verre était animé de vibrations longitudinales.

Aucun de ces effets ne peut se produire quand le rayon polarisé traverse le rectangle de verre près de ses extrémités, parce que, ainsi qu'on le sait, il n'existe là ni les sons ni les pressions indispensables.

III. — Les expériences suivantes ont pour objet l'action des vibrations sonores sur des jets d'eau. Une veine liquide coulant obliquement par le mamelon d'un bec de gaz ordinaire se brisait en formant des gouttelettes. Au moyen d'une lampe électrique, on projetait l'ombre de la veine sur un écran blanc. Si l'on faisait alors résonner un tuyau d'orgue ou un diapason de dimensions convenables, aussitôt les gouttes se réunissaient, et formaient un filet ininterrompu de plusieurs pieds de longueur. Lorsque le son s'arrêtait, les gouttes se séparaient comme auparavant. La petitesse des vibrations suffisantes pour produire cet effet était extraordinaire. Quand on n'entendait plus le diapason placé sur le support du mamelon d'où sortait la veine, les gouttes continuaient toujours à se conglomérer, et ne se séparaient pas encore, longtemps après que la dernière apparence de vibration avait cessé de se faire entendre.

Le professeur a fait voir les deux parties, l'une continue et l'autre discontinue, dont se compose un jet liquide qui descend verticalement. On avait imaginé une disposition pour l'éclairer convenablement depuis le haut. La partie continue était d'une clarté éblouissante, et le point de rupture bien mis en évidence. Lorsqu'on donnait la note convenable, la veine s'amincissait bientôt en haut tout près de l'ouverture. L'effet des battements était très-beau. L'allongement ou le raccourcissement du cylindre lumineux continu est en parfait synchronisme avec les sons que l'on entend. Ici, également, l'intensité de la vibration, pourvu qu'elle soit convenable, peut être très-petite sans perdre cette influence sur la veine; ce qui prouve, en fait, la persistance des sons bien longtemps après que l'oreille a cessé de les entendre.

JOHN TYNDALL.

— Traduit de l'anglais par CHARLES TERRIER. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

M. Delaunay et M. Le Verrier. — La parallaxe du Soleil.

Depuis plusieurs séances, il s'est élevé à l'Académie des sciences, entre M. Delaunay et M. Le Verrier, une discussion très-vive à l'occasion de la parallaxe du Soleil. Cette discussion a pris des proportions beaucoup trop considérables pour qu'il nous soit possible de la reproduire intégralement, d'autant plus qu'il y a été fait une large part à des questions purement personnelles aux deux adversaires en cause, et dépourvues d'intérêt pour le public étranger à ces querelles. Nous devons donc nous borner à reproduire les points principaux de la controverse, en écartant les récriminations étrangères au domaine de la science.

M. Delaunay avait reçu un mémoire de M. Simon Newcomb sur la parallaxe du Soleil, dont il fit l'analyse à l'Académie dans les termes suivants :

« ...M. Simon Newcomb, astronome des États-Unis d'Amérique, vient de se livrer à une savante et minutieuse discussion des observations de la planète Mars, faites, en 1862, sur le plan proposé par M. Winnecke, en vue de la détermination de la parallaxe du Soleil. Il donne tous les détails de cette discussion, et compare le résultat auquel elle le conduit à ceux que fournissent les autres méthodes qui permettent d'atteindre le même but. L'accord entre tous ces résultats, obtenus par des voies diverses, est très-remarquable. Il paraît montrer que la question dont il s'agit est bien plus près d'être résolue avec la précision nécessaire aux besoins de l'astronomie que l'on ne pouvait le supposer.

» Les observations méridiennes de la planète Mars, faites en 1862, et discutées par M. Newcomb, proviennent, les unes de l'hémisphère nord de la Terre (observatoires de Pulkowa, Helsingfors, Leyde, Greenwich, Albany et Washington), les autres de l'hémisphère sud (observatoires de Williamstown, du cap de Bonne-Espérance et de Santiago du Chili). La valeur qu'elles donnent pour la parallaxe du Soleil est de 8″,855, avec une erreur probable, en plus ou en moins, de 0″,020. En rapprochant cette valeur de celles que fournissent d'autres méthodes, M. Newcomb a formé le tableau suivant :

	Parallaxe.	Erreur probable.
Par les observations méridiennes de Mars, en 1862	0″,855	± 0″,020
Par les observations micrométriques de Mars, en 1862 (discussion du professeur Hall)	8″,842	± 0″,040
Par l'inégalité parallactique de la Lune (en la supposant de 125″,49, et la comparant aux expressions analytiques de Plana et Delaunay	8″,838	± 0″,028
Par l'équation lunaire de la Terre (en la supposant de 6″,52)	8″,809	± 0″,054
Par le passage de Vénus de 1769 (discussion de Powalky)	8″,860	± 0″,040
Par l'expérience de Foucault sur la lumière	8″,860	»

» En tenant compte des *poids* divers qu'il convient d'attribuer à ces différents résultats, M. Newcomb en conclut que, dans l'état actuel de la science astronomique, la valeur la plus probable de la parallaxe horizontale équatoriale du Soleil est 8″,848, ou, en nombre rond de centièmes, 8″,85, avec une erreur probable de ± 0″,013. A cette parallaxe correspond une distance du Soleil à la Terre égale à 23 307 rayons de l'équateur terrestre, ou un peu plus de 148 millions de kilomètres.

M. Le Verrier se plaignit alors de ce que M. Delaunay n'eût pas mentionné la valeur de 8″,95, qu'il avait indiquée pour la parallaxe solaire. M. Delaunay lui répondit qu'il n'avait pas eu l'intention de faire un historique de la question, et n'avait, par conséquent, aucune raison de citer les travaux antérieurs à celui de M. Newcomb; mais que la réclamation de M. Le Verrier le mettait dans la nécessité de dire que, d'après M. Newcomb, sa valeur de 8″,95 pour la parallaxe solaire était le résultat de trois erreurs, deux fautes de calcul et l'omission d'une quantité non négligeable. En rectifiant ces trois erreurs, on arrive à 8″,78, au lieu de 8″,95. Il y avait donc 0″,17 de trop dans l'augmentation de 0″,37 que M. Le Verrier voulait faire subir à la valeur de la parallaxe solaire, fixée par Encke à 8″,58. Quant à la nécessité d'augmenter la parallaxe de Enchke, ce qui est aujourd'hui

incontestable, ce n'est pas M. Le Verrier qui l'a découverte, puisqu'elle avait été indiquée trois années plus tôt par M. Hansen, en novembre 1854.

M. Le Verrier saisit cette occasion pour exposer la plus grande partie de ses travaux, en les faisant, pour ainsi dire, converger vers la détermination de la parallaxe du Soleil. Voici ce qu'il a dit relativement à cette question :

« Le directeur regretté de l'Observatoire de Berlin, Encke, a discuté toutes les observations du passage de Vénus sur le Soleil, en 1769, et en avait conclu pour la valeur de la parallaxe 8'',58. Ce nombre a été reçu dans l'astronomie comme étant la vraie valeur de la parallaxe et le chiffre le plus exact que l'on pût tirer des observations des passages de Vénus. Or, j'ai conclu, par la discussion des observations du Soleil, que la parallaxe horizontale et moyenne de cet astre devait être plus considérable que celle donnée par Encke, et je l'ai portée à 8'',95.

» La théorie de Vénus, refaite en son entier et comparée à son tour avec les observations de la planète discutées à nouveau, a montré de même que les observations pouvaient être représentées par la théorie, à cette condition seulement qu'on accroîtrait la valeur de la masse de la Terre des neuf dixièmes de celle qu'on lui attribue. Mais on sait qu'il n'est pas possible d'accroître ainsi la masse de la Terre sans donner en même temps à la valeur attribuée à la parallaxe un accroissement égal au tiers du précédent, savoir, trois centièmes de la valeur reçue. Les conclusions tirées de l'étude de la marche de Vénus conduisent ainsi à cette conséquence que la valeur de la parallaxe solaire doit être portée à 8'',83.

» La planète Mars a été l'objet de la même discussion. La révision des observations, la constitution de la théorie et la comparaison de l'ensemble de ces données ont montré qu'ici encore tout marcherait d'accord à une seule condition : qu'on ajoutât quelque chose au mouvement du périhélie de Mars, tel qu'il résulterait de l'action des planètes voisines, calculée avec les masses qu'on leur attribue. En admettant que cet accroissement du mouvement du périhélie de Mars exige un accroissement de la masse de la Terre elle-même, il serait égal au 0,138 de la masse reçue par notre planète, et toujours d'après le même principe, il faudrait en conclure que la parallaxe du Soleil devrait être portée à 8'',96. Mais il faut remarquer que ceci suppose que la masse des anneaux d'étoiles filantes qui rencontrent la Terre ou qui circulent autre part dans le ciel, et qui pourraient avoir une action sur Mars, soit très-faible. On peut l'admettre, aujourd'hui que nous savons que les étoiles filantes ne sont que des débris de comètes; on l'ignorait à l'époque où nous avons donné notre travail. Il faut admettre encore que l'action de la masse des petites planètes situées entre Mars et Jupiter soit insensible. Plus rigoureusement, on doit dire que dix fois la correction de la masse de la Terre, plus trois fois la masse de l'ensemble des petites planètes distribuées en moyenne, d'après ce qu'on en sait aujourd'hui, doit faire une somme égale à 1,38; l'unité étant la masse admise pour la Terre quand on la déduit de la parallaxe d'Encke, 8'',58.

» La question se trouvait en cet état, tout indiquant la nécessité d'un accroissement de la valeur attribuée à la parallaxe, lorsque nous avons fortement engagé notre éminent collaborateur, M. Léon Foucault, à presser l'exécution des travaux qu'il avait entrepris pour la mesure de la vitesse de la lumière à la surface de la terre. On savait que cette mesure devait conduire, combinée avec la valeur de l'aberration, à une détermination d'une quantité de la valeur de la parallaxe solaire. Et il était à désirer, disions-nous, que cette mesure intervînt avant celles qu'on pourrait déduire de l'observation prochaine de Mars en opposition. M. Foucault voulut bien se rendre à notre désir. Et, après une suite de travaux dont nous avons suivi les importants résultats à mesure qu'il les obtenait, il communiqua à l'Académie, le 22 septembre 1862, le résultat de ses opérations, dont il déduisait 8'',86 pour la parallaxe solaire.

» En ce moment même, Mars était en opposition, et il était l'objet de l'investigation attentive des astronomes. C'est avec l'assentiment des astronomes de profession, et par une réserve indispensable, que l'Obervatoire de Paris ne s'est pas mêlé de ces dernières observations. L'histoire astronomique nous apprend, en effet, que lorsqu'un observateur éprouve quelque préoccupation, les mesures délicates auxquelles elle se rapporte en souffrent toujours d'une manière systématique. L'astronome très-consciencieux se défend contre le résultat qu'il croit devoir obtenir, observe en quelque sorte *à minima*, et obtient un nombre en deçà de la vérité. L'observateur moins scrupuleux se laisse aller sans s'en douter au penchant contraire et passe au delà de la vérité.

» Par la discussion des observations faites à Greenwich et dans l'hémisphère austral, M. Stone trouva la parallaxe 8'',93, qu'il communiqua à la Société astronomique de Londres dans la séance du 10 avril 1863. En même temps M. Winnecke, par la discussion des observations faites à Poulkowa et dans l'hémisphère austral, avait obtenu, et publié dans les *Astronomiche Nachrichten* du 7 avril, la valeur 8'',96 de la parallaxe. Enfin, le 12 juin de la même année, dans le n° 8 des *Monthly Notices* de la Société astronomique, à la demande de M. Stone, l'éminent astronome de Gotha, M. Hansen, concluait que la parallaxe du Soleil, qu'il avait déjà élevée à 8'',66 en l'adoptant pour base de ses calculs théoriques, devait être portée à 8'',97. Telles sont les valeurs primitivement publiées et concourant toutes à la nécessité d'accroître la valeur de la parallaxe attribuée au Soleil. C'est en partant de ces données que les Observatoires de Paris et de Greenwich sont tombés d'accord sur la convenance d'attribuer désormais dans les calculs la valeur 8'',94 à la parallaxe.

» Aujourd'hui ces déterminations ont été revues. On a porté certaines approximations plus loin, corrigé quelques fautes de calculs ou de réductions, et l'on conclut qu'il faudrait attribuer à la parallaxe la valeur 8'',85. La nécessité d'accroître la valeur 8'',56, qui était considérée comme définitive, est donc reconnue, ce qui est l'important; car la différence entre les valeurs 8'',94 et la valeur 8'',85, qu'on obtient en réduisant les déterminations astronomiques et en particulier celles de Winnecke, Stone et Hansen, est si minime, que nous ne croyons pas qu'on en puisse répondre.

» M. Powalky a revu de son côté la détermination de la parallaxe par les passages de Vénus, et au lieu du nombre 8'',56 trouvé par Encke, il est arrivé précisément au nombre 8'',86 donné par M. Léon Foucault. Cette coïncidence, que M. Powalky nous permette de le dire, sans lui en faire aucune espèce de reproche, est trop grande. S'il s'était borné à reprendre les calculs d'Encke en conservant toutes les observations employées par l'astronome de Berlin, introduisant seulement les changements reçus dans les valeurs des longitudes terrestres, et qu'il fût arrivé aussi au nombre 8'',86, ce résultat aurait assurément une très-haute valeur. Mais M. Powalki ne s'est point borné là. Il a éliminé toutes les observations qui lui paraissaient douteuses. Il ne nous a pas paru qu'il fût suffisamment fondé à cet égard, et il serait désirable que M. Powalki pût nous montrer, ce qui lui sera sans doute facile, que son élimination ne s'est pas ressentie d'une idée préconçue, influence qu'on subit trop souvent malgré soi. Nous voudrions que M. Powalki nous fît connaître le résultat auquel on arriverait si l'on conservait toutes les observations. Ce n'est pas que nous n'eussions éprouvé une certaine satisfaction à voir la parallaxe solaire portée à une valeur moins élevée, car alors on aurait pu arriver à une certaine connaissance de la masse totale de la matière des petites planètes situées entre Mars et Jupiter, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Mais malheureusement, soit qu'on admette la parallaxe 8'',94, soit qu'on admette la parallaxe 8'',85, la différence est si minime, qu'elle ne laisse entre les théories et les observations que des écarts dont on ne peut guère répondre... »

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 4 | 28 DÉCEMBRE 1867

FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON.

GÉOLOGIE.

COURS DE M. FOURNET (1)
(correspondant de l'Institut).

Pays électriques et aperçus sur leur rôle météorologique.

I.

RÉGIONS LOINTAINES.

I. *Considérations préliminaires.* — Il ne peut pas être indifférent pour la science de savoir s'il existe ou non des pays plus électriques que d'autres; car, indépendamment de l'étrangeté du fait, il n'est nullement impossible que, même à de très-grandes distances, des réactions météorologiques résultent de ces inégales distributions de fluide.

A cet égard, les persévérantes études de de Saussure, combinées avec celles de divers physiciens, ont fait connaître assez exactement ce qui arrive chez nous en temps ordinaire. D'autre part aussi, quelques voyageurs ont signalé certains effets fort curieux qui se manifestent normalement dans des contrées éloignées. Enfin, amené à agrandir la sphère de nos connaissances, par suite de mes recherches sur le rôle orageux du sud-ouest et du sud-est, j'ai dû me familiariser avec l'idée qu'ils pourraient bien nous apporter l'électricité puisée dans les régions situées de l'autre côté de l'Atlantique ou ailleurs, et dès lors il ne me restait plus qu'à examiner s'il existe réellement ici des causes de nature à confirmer ces présomptions, quitte à les généraliser ensuite.

II. *Phénomènes mexicains.* — En consultant d'abord l'important travail sur l'hydrologie du Mexique, dont on est redevable à M. H. de Saussure, petit-fils du grand explorateur des Alpes, on voit qu'à la fin de l'hiver, la sécheresse devient excessive sur les plateaux élevés du pays, où l'évaporation est immense. Les vapeurs n'y troublent plus la pureté du ciel, et la production des étincelles au contact des objets s'y manifeste par moments avec une remarquable intensité.

III. — Cette tension se soutient même en pleine saison des pluies, car, en août 1856, M. H. de Saussure, faisant avec M. Peyrot l'ascension du Nevado de Toluca, malgré les avis réitérés des habitants du pays, ils ne tardèrent pas à être enveloppés par un brouillard glacial, symptôme menaçant de l'orage qui se préparait. Bientôt un vent violent, un grésil, puis des éclairs, des coups de tonnerre, roulant presque sans interruption et avec un fracas épouvantable, les obligèrent à descendre, poursuivis par la crainte des décharges. Plus bas, l'orage parut se calmer un instant, et nos voyageurs furent enveloppés par un brouillard ou nuage gris, accompagné de grésil, dans lequel on vit les cheveux des guides indiens s'agiter comme pour se soulever; bientôt aussi survint un bruit sourd, indéfinissable, d'abord faible, quoique général, mais de plus fort en plus fort, très-distinct et même inquiétant. C'était une crépitation universelle, du genre de celle qu'auraient faite les petites pierrailles de la montagne si elles s'étaient entrechoquées. Enfin, à cette rumeur d'une durée de cinq à six minutes succédèrent de nouveaux tonnerres et des pluies qui se soutinrent jusqu'à la limite supérieure des forêts, où l'orage fut plus supportable, parce que, d'une part, la distance du foyer électrique était devenue plus grande, et que, d'un autre côté, les décharges partielles se trouvaient multipliées et favorisées par la végétation.

Déjà, antérieurement, M. Craveri, physicien de Mexico, avait assisté à de pareils spectacles, et, en particulier, le 19 mai 1845, le phénomène était amené subitement par un nuage venant de l'ouest. Les sensations électriques qu'éprouvèrent ses guides et lui à toutes leurs extrémités, aux doigts, au nez, aux oreilles, furent aussitôt suivies d'un bruit sourd, et pourtant le tonnerre ne grondait pas encore; les longs cheveux des Indiens se tenaient roides et hérissés, en donnant à la tête de ces hommes une grosseur énorme, de façon que la vue de cet effet aggrava leur terreur superstitieuse. Enfin le bruit devint fort intense, paraissant général dans la montagne et toujours semblable au claquement que produiraient des cailloux alternativement attirés et repoussés par l'électricité; mais il était très-probablement dû au petillement des myriades d'étincelles jaillissant d'un sol rocailleux. Ici intervient encore une fois le grésil.

D'ailleurs, le même observateur avait éprouvé, le 15 septembre 1855, près du sommet du Popocatepetl, un autre orage, qui différait des précédents en ce que, se trouvant alors sur des champs de neige, le bruit de la crépitation des pierres ne se produisit pas.

IV. — En définitive, ces phénomènes mexicains, qui nous reportent à quelques effets plus minimes des Alpes, ont été observés en mai, août et septembre, c'est-à-dire dans notre période la plus orageuse de l'Europe, et l'on comprendra sans doute que cette coïncidence n'était pas à négliger. On remarquera également que celui du 19 mai 1845 fut amené par un vent occidental à peu près comme chez nous, de sorte que ces accords sont un premier acheminement vers la solution

(1) Voyez une autre leçon de M. Fournet dans notre tome IV, p. 829, 23 novembre 1867.

du problème qui nous occupe. Sans doute, ils sont encore imparfaitement étudiés; mais la perfection ne s'obtient pas du premier coup, et, en ce genre, c'est déjà avoir acquis un point essentiel quand on est parvenu à indiquer le sens dans lequel les observations doivent être dirigées.

V. *Phénomènes des États-Unis.* — Des phénomènes d'un autre genre ont été observés à Chihuahua, dans la confédération mexicaine; mais davantage au nord, New-York a fourni au professeur Loomis un ensemble de faits non moins curieux au sujet de la présence d'une excessive quantité d'électricité dans l'atmosphère.

En hiver, les cheveux sont fréquemment électrisés, et spécialement lorsqu'ils ont été peignés avec un peigne fin. Souvent ils se lèvent droits, et plus on les travaille pour rendre la chevelure unie, plus ils refusent de se tenir en place. Ils se dirigent alors vers les doigts qu'on tend devant eux, et, pour remédier à cet inconvénient, il suffit de les mouiller.

Dans cette même saison, toutes les parties de vêtements de laine, les pantalons surtout, attirent les duvets, les poussières qui flottent dans l'air; ces particules se fixent principalement vers les pieds, et la brosse ne fait que les rendre plus adhérentes. Une éponge humide est, encore une fois, le seul remède à appliquer en pareil cas.

Pendant la nuit, les tapis épais des salons chauffés font entendre de petits craquements; ils brillent lorsqu'on se promène dessus, et si l'on passe deux ou trois fois avec rapidité, ce jet peut atteindre quelques centimètres de longueur, de façon à faire sentir une piqûre cuisante. Un objet de métal, comme, par exemple, le bouton d'une porte, envoie une étincelle à la main qui en approche, et parfois celle-ci effraye les enfants.

Certaines visites deviennent assez désagréables par les commotions que l'on éprouve en se présentant la main; une dame qui veut donner un baiser à son amie en est saluée par une étincelle qui s'élance de ses lèvres. Les gamins s'amusent souvent à faire le tour des chambres de façon à se les envoyer les uns aux autres. On peut même quelquefois allumer un bec de gaz avec son doigt après s'être promené sur le tapis isolant.

Au surplus, la plupart de ces phénomènes sont si familiers à New-York, qu'ils n'excitent plus aucune surprise; mais déjà ils avaient fixé l'attention de Volney à la fin du siècle dernier.

Alors ce célèbre voyageur faisait remarquer que la quantité de fluide électrique constitue une différence essentielle entre l'air du continent américain et celui de l'Europe. « D'ailleurs, dit-il, les orages en fournissent des preuves effrayantes par la violence des coups de tonnerre et par l'intensité prodigieuse des éclairs. » A Philadelphie, le ciel semble en feu par leur succession continue; leurs zigzags et leurs flèches sont d'une largeur et d'une étendue dont il n'avait pas d'idée, et les battements du fluide sont si forts, qu'ils semblaient, à son oreille et à son visage, être le vent léger que produit le vol d'un oiseau de nuit. Leurs effets ne se bornent pas à la démonstration ni au bruit; les accidents qu'ils occasionnent sont fréquents et graves. Pendant l'été de 1797, depuis le début de juin jusqu'à la fin d'août, il compta, dans les papiers publics, dix-sept personnes tuées par la foudre, et M. Bache, à qui il fit part de sa remarque, lui dit avoir compté quatre-vingts accidents graves.

VI. *Phénomènes du sud de l'Amérique et de l'Afrique.* — D'après M. Boussingault, dans l'Amérique du Sud (province de Grenade), il tonne tous les jours à Popayan : en mai, il compta lui-même plus de vingt journées orageuses. D'ailleurs, le fait est si bien connu dans le pays, que personne ne conteste aux Popayanais le droit de se vanter d'avoir le plus puissant tonnerre de la république. Aux alentours, la Loma de Pitago a la même triste célébrité : un botaniste suédois, M. Planchmann, qui s'était obstiné, malgré les avis des habitants, à s'y aventurer pendant que le ciel était couvert de nuages, y fut tué. On n'habite pas volontiers à *el Sitio de Tumba bareto*, à cause de la fréquence des traits foudroyants. Là encore, près de la mine d'or de *Véga de Supia*, un nègre, qui servait de guide à notre voyageur, fut jeté à terre par un de leurs coups.

Mais plus loin, vers le sud, au bas Pérou, les gens qui n'ont pas voyagé ne se font aucune idée du tonnerre. Ils ne connaissent pas davantage les éclairs, et, selon toute apparence, ces circonstances ne sont pas étrangères à l'atmosphère de Lima.

Celle-ci n'est jamais couverte de véritables nuages, que remplacent les brumes connues sous le nom de *garrua*, dont j'ai parlé dans la partie de mon travail qui concerne les zones sans pluie et les déserts.

VII. — L'extrême aridité de tous les plateaux des Andes provoque des effets du même genre, et, selon M. Philippi, on voit fréquemment, dans le désert d'Atacama, au Chili, les cheveux des hommes se hérisser, ou bien des lumières jaillir du sol.

D'après le docteur Livingstone, au printemps, époque de la grande sécheresse, les déserts de l'Afrique méridionale sont souvent traversés par un vent du nord chaud et tellement électrique, que les plumes d'autruche se chargent d'elles-mêmes, au point de produire de vives commotions; la seule friction du vêtement fait jaillir des gerbes lumineuses. Et, comme le fait observer Volney à l'égard de l'Amérique on ne peut pas dire que la chaleur de la saison ou du tropique soit une cause nécessaire de cette abondance de fluide, puisqu'il n'y est jamais si manifeste que par le froid vent du nord-ouest, et que, d'après les observations des savants russes Gmelin, Pallas, Müller et Georgi, il n'est pas moins excessif dans l'air glacial et sec de la Sibérie.

VIII. *Phénomènes de l'Inde.* — Enfin, dans une partie de l'Inde anglaise, l'établissement des lignes télégraphiques éprouve de singuliers obstacles par suite des perturbations électriques de son atmosphère. Elles sont d'une telle intensité, que les instruments semblent pris de délire et fonctionnent à tort et à travers. D'ailleurs les orages, dont l'effroyable violence jette le désordre dans les lignes, arrache les poteaux et va jusqu'à briser les fils conducteurs, comblent la mesure.

Après cela, ajoute le narrateur, soyez donc surpris si les télégrammes indiens sont parfois aussi indéchiffrables qu'une brique assyrienne chargée de caractères cunéiformes de la troisième espèce.

Du reste, ces phénomènes ne se font pas seulement remarquer sur les parties basses de l'Inde. On retrouve de pareilles intensités au centre des Ghattes occidentaux, dans les montagnes du Goorg, qui occupent un espace d'environ 96 kilomètres de longueur du nord au sud, et de 56 kilomètres de largeur. Leurs formes accidentées, ainsi que leurs altitudes de 1000 à 1800 mètres, en font des massifs d'un aspect grandiose, et

pendant la mousson estivale du sud-ouest les orages y sont souvent d'une rare magnificence. On les entend de loin comme le son d'une immense canonnade dont les décharges s'exécutent au milieu de l'imposant appareil d'un amoncellement d'énormes nuages continuellement illuminés par les éclairs.

IX. — Il ne serait pas impossible de multiplier les citations de ce genre, mais celles-ci suffisent pour faire comprendre qu'à l'est, au sud aussi bien qu'à l'ouest, les foyers électriques ne manquent pas pour les besoins de la météorologie, et dès lors il m'est permis de croire que leur qualité doit nous être apportée par les vents, tout comme les températures, ainsi que les vapeurs des espaces qu'ils ont parcourus.

D'autre part, il est tout naturel d'admettre leur liaison avec le grand phénomène des aurores boréales, tel que l'explique M. de la Rive, en partant du fait général de l'accumulation, dans l'atmosphère polaire, de l'électricité positive dont l'air des régions équinoxiales se trouve constamment chargé par les particules de la vapeur aqueuse qui s'y élève des mers.

Transportée vers le pôle par les alizés, elle réagit sur l'électricité négative de la partie solide du globe. Elle la condense en même temps qu'elle est aussi condensée par elle. De là des décharges plus ou moins fréquentes entre les deux fluides, lesquelles, s'effectuant à travers l'atmosphère, produisent enfin les apparitions de ces aurores, qui sont toujours accompagnées de courants électriques circulant dans le sol, où ils manifestent leur présence, soit par leur action sur les aiguilles de la boussole, soit par leur transmission dans les fils télégraphiques.

II.

RÉGIONS ÉLECTRIQUES DES ALPES ET DU JURA.

X. — Dans la précédente note sur les pays électriques, j'ai spécialement porté mes investigations du côté des régions lointaines. Il reste donc actuellement à concentrer le champ de ces recherches en faisant remarquer qu'il existe, dans les montagnes du bassin du Rhône et dans leurs annexes, quelques espaces qui se distinguent par des dégagements électriques d'une intensité parfois très-remarquable, tandis que jusqu'à présent le silence le plus absolu règne pour d'autres, malgré l'apparente identité des surfaces. Je désire donc que les détails dans lesquels je vais entrer excitent l'attention des observateurs, de façon à produire enfin l'établissement de quelque loi météorologique.

Laissant à cet égard de côté les détails déjà mentionnés par Arago, je fais immédiatement ressortir ce qui concerne le groupe alpin et jurassien, quitte à revenir plus tard sur les parties occidentales de nos contrées.

XI. *Illumination des rochers du Mont-Blanc.* — Dans la nuit du 11 août 1854, M. Blackwell stationnant sur les Grands-Mulets (altitude, 3455 mètres), le guide F. Ir. Couttet sortit de la cabane vers onze heures du soir, et vit les crêtes de ces montagnes tout en feu. Il parla aussitôt de son observation à ses compagnons; tous voulurent s'assurer du fait, et effectivement ils virent qu'en vertu d'un effet d'électricité produit par la tempête, chacune des saillies rocheuses des alentours semblait illuminée. Leurs vêtements étaient littéralement couverts d'étincelles, et lorsqu'ils exhaussaient les bras, les doigts devenaient phosphorescents.

A cette même heure, nous avions à Lyon une forte pluie, avec le tonnerre par le sud-ouest, et l'ensemble de la journée avait été très-orageux.

D'après les renseignements dont je suis redevable à l'obligeance de M. V. Payot, naturaliste connu de tout le monde, le guide Ir. Couttet (de Chamouny), lors de son ascension au Mont-Blanc du 25 août 1841, avec M. Chenal, fut surpris aux Grands-Mulets par un orage qui leur fit courir un danger réel à cause des éclairs et des tonnerres qui les enveloppaient sans relâche. Toutes les pierres autour d'eux avaient leurs étincelles électriques, et pourtant la cime du Mont-Blanc, aussi bien que le ciel, était d'une sérénité parfaite.

XII. *Électricité sur le Brévent.* — En 1767, pendant un temps très-orageux, de Saussure, Jalabert et Pictet se trouvaient sur le Brévent (altitude, 2520 mètres). Là ils n'avaient qu'à élever la main et à étendre un doigt pour sentir une sorte de picotement à son extrémité. Cette remarque, d'abord faite par Pictet, fut bientôt suivie d'une autre, en ce sens que la sensation devint plus vive; elle était même accompagnée d'une espèce de sifflement. A son tour, Jalabert, dont le chapeau était garni d'un galon d'or, entendit autour de sa tête un bourdonnement effrayant. On tirait des étincelles du bouton de ce même chapeau, aussi bien que de la virole de sa canne.

Enfin, l'orage grondant avec violence dans le nuage qui planait sur leurs têtes, il fallut descendre du sommet jusqu'à 20 ou 24 mètres plus bas, où l'on ne ressentit plus les influences de cette électricité.

XIII. *Électricité des neiges étalées sur le sol de la Jungfrau.* — La neige couchée à terre n'est pas opposée à ces manifestations; c'est du moins un fait qui ressort des détails suivants : Le 10 juillet 1863, M. Watson, accompagné de plusieurs autres touristes et de guides, visitait le col de la Jungfrau. La matinée avait été très-belle ; mais, en approchant du col, ils apercevaient de gros nuages qui s'y amoncelaient, et, au moment de l'atteindre, la caravane fut assaillie par un fort coup de vent accompagné de grêle. Au bout de quelques minutes, la retraite dut s'effectuer, et, pendant la descente, la neige continuait de tomber en telle quantité, que la petite troupe, se trompant de direction, chemina pendant quelque temps dans le Latoch-Settel.

A peine eut-on reconnu cette erreur, qu'un formidable coup de tonnerre retentit, et, bientôt après, M. Watson entendit une espèce de sifflement qui partait de son bâton : ce bruit ressemblait à celui que fait une bouilloire dont l'eau en ébullition chasse vivement la vapeur au dehors. On fit une halte, et l'on remarqua que les cannes, ainsi que les haches dont chacun était muni, émettaient un son pareil. Ces mêmes objets, enfoncés dans la neige par l'une de leurs extrémités, n'en continuèrent pas moins à produire ce singulier sifflement. Alors un des guides ôta son chapeau en s'écriant que sa tête brûlait. En effet, ses cheveux étaient hérissés comme ceux d'une personne qu'on électrise sous l'influence d'une puissante machine, et chacun éprouva des picotements, une sensation de chaleur au visage, aussi bien que sur d'autres parties du corps. Les cheveux de M. Watson se tenaient droits et roides; le voile qui garnissait le chapeau d'un autre voyageur se dressa verticalement, et l'on entendait le sifflement électrique au bout des doigts agités dans l'air.

La neige elle-même imitait un bruit analogue à celui qui se serait produit par la chute d'une vive ondée de grêle. Ce-

pendant aucune apparition de lumière ne se manifesta; mais certainement il n'en eût pas été ainsi durant la nuit. D'autres coups de tonnerre arrêtaient subitement tous ces phénomènes, qui pourtant recommençaient avant même que le grondement de la foudre se fît entendre dans les échos des montagnes. D'ailleurs tous éprouvèrent un choc électrique plus ou moins violent sur divers points : le bras droit de M. Watson en fut paralysé pendant quelques minutes, jusqu'à ce que l'un des guides l'eût poussé violemment avec la main; mais une douleur se fit encore sentir à l'épaule durant plusieurs heures. Enfin, à midi et demi, les nuages s'éloignèrent, et ces effets finirent par disparaître après avoir duré vingt-cinq minutes environ.

A Lyon, une forte brise nord neutralisait complétement les manifestations orageuses.

XIV. *Électricité du piz Surley.* — Un peu plus à l'est, on arrive aux Grisons, qui touchent à l'Italie. Ici je dois laisser parler M. H. de Saussure, dont j'ai déjà mentionné les observations faites au Mexique, et qui vient de me transmettre la note suivante :

« Le 22 juin 1865, partant de Saint-Moritz (Grisons), je fis » l'ascension du piz Surley, montagne granitique dont le » sommet plus ou moins conique s'élève à l'altitude de » 2300 mètres. Pendant les journées précédentes, le nord avait » régné avec persistance ; il devint variable le 22, et le ciel » se chargea de nuages errants. Vers midi, ces vapeurs aug- » mentèrent, se réunirent au-dessus des cimes les plus élan- » cées, en se tenant d'ailleurs assez élevées pour ne pas voiler » la plus grande partie des sommités de l'Engadine, sur les- » quelles tombèrent bientôt des averses locales. Leur aspect » de *vapeurs poussiéreuses*, avec une demi-transparence, nous » fit supposer qu'il ne s'agissait que de giboulées de neige ou » de grésil.

» En effet, vers une heure du soir, nous fûmes assaillis par » un grésil fin, clair-semé, en même temps que des giboulées » analogues enveloppaient la plupart des aiguilles rocheuses, » telles que le piz Ot, piz Julier, piz Languard, et les cimes » neigeuses de la Bernina ; tandis qu'une forte averse de pluie » fondait sur la vallée de Saint-Moritz.

» Le froid augmentait, et à une heure trente minutes du » soir, arrivés au sommet du piz Surley, la chute du grésil » devenant plus abondante, nous nous disposâmes à prendre » notre repas près d'une pyramide de pierres sèches qui en » couronne la cime. Appuyant alors ma canne contre cette » construction, j'éprouvai dans le dos, à l'épaule gauche, une » douleur fort vive comme celle que produirait une épingle » enfoncée lentement dans les chairs, et en y portant la main, » sans rien trouver, une piqûre analogue se fit sentir dans » l'épaule droite. Supposant alors que mon pardessus de toile » contenait des épingles, je le jetai ; mais, loin de me trouver » soulagé, les douleurs augmentèrent, envahissant tout le dos » d'une épaule à l'autre ; et elles étaient accompagnées de » chatouillements, d'élancements douloureux, comme ceux » qu'aurait pu produire une guêpe ou tout autre insecte se » promenant dans mes vêtements, où il me criblait de pi- » qûres.

» Otant à la hâte mon second paletot, je n'y découvris rien » qui fût de nature à blesser les chairs, tandis que la douleur » prenait le caractère d'une brûlure. Sans y réfléchir davan- » tage, je me figurai que ma chemise de laine avait pris feu, » et j'allais me déshabiller complétement, lorsque notre atten- » tion fut attirée par un bruit qui rappelait les stridulations » des bourdons. C'étaient nos bâtons qui chantaient avec force » en produisant un bruissement analogue à celui d'une bouil- » loire dont l'eau est sur le point d'entrer en ébullition ; tout » cela peut avoir duré environ quatre minutes.

» Dès ce moment je compris que mes sensations doulou- » reuses provenaient d'un écoulement électrique très-intense, » qui s'effectuait par le sommet de la montagne. Quelques » expériences improvisées sur nos bâtons ne laissèrent aper- » cevoir aucune étincelle, aucune clarté appréciable de jour, » mais ils vibraient dans la main de façon à faire entendre un » son intense. Qu'on les tînt verticalement, la pointe soit en » haut, soit en bas, ou bien horizontalement, les vibrations » restaient identiques, mais le sol demeurait inerte. Alors le » ciel était devenu gris dans toute son étendue, quoique iné- » galement chargé de nuages.

» Quelques instants après, je sentis mes cheveux et ma barbe » se dresser en produisant sur moi une sensation analogue à » celle qui résulte d'un rasoir passé à sec sur des poils roides. » Un jeune homme qui m'accompagnait s'écria qu'il sentait » tous les poils de sa moustache naissante, et que du sommet » de ses oreilles il partait des courants très-forts. D'autre part, » en élevant la main, je vis des courants non moins pronon- » cés s'échapper de mes doigts. Bref, une forte électricité » s'écoulait des bâtons, habits, cheveux, barbe, et de toutes » les parties saillantes de nos corps.

» Un coup de tonnerre lointain vers l'ouest nous avertit » qu'il était temps de quitter la cime, et nous descendîmes ra- » pidement jusqu'à une centaine de mètres. Nos bâtons vibrè- » rent de moins en moins, à mesure que nous avancions, et » nous nous arrêtâmes lorsque leur son fut devenu assez faible » pour ne plus être perçu qu'en les approchant de l'oreille. » La douleur au dos avait cédé dès les premiers pas de la des- » cente, mais j'en conservais encore une impression vague. » Dix minutes après le premier, un second roulement de ton- » nerre se fit entendre encore à l'ouest, dans un grand éloi- » gnement, et ce furent les seuls. Aucun éclair ne brilla, et, » une demi-heure après notre départ de la cime, le grésil » avait cessé, les nuages se rompaient. Enfin, à deux heures » trente minutes du soir, nous atteignîmes de nouveau le » point culminant du piz de Surley pour y trouver le soleil. » Mais, le même jour, il régnait un violent orage sur les » Alpes bernoises, où une dame anglaise fut foudroyée.

» Au surplus, nous jugeâmes que notre phénomène devait » s'être étendu sur toutes les hautes cimes rocheuses de la » chaîne des Grisons, même jusqu'à l'horizon, où divers pics » rocailleux étaient, comme celui que nous occupions, enve- » loppés par des tourbillons de grésil, tandis que les grandes » sommités neigeuses de la Bernina semblaient en être » exemptes, malgré les nuages déchirés qui les couronnaient.

» Le phénomène électrique qui vient d'être décrit, et que » l'on pourrait appeler le *chant des bâtons* ou le *bourdonnement* » *des roches*, n'est pas rare dans les hautes montagnes, sans » pourtant y être très-fréquent. Parmi les guides que j'ai in- » terrogés à ce sujet, les uns ne l'avaient jamais observé, les » autres ne l'ont entendu qu'une ou deux fois dans leur vie. » Toutefois il convient de faire observer qu'il se présente pré- » cisément dans les journées où le ciel menaçant éloigne les » voyageurs des cimes culminantes. Quoi qu'il en soit, comme » il n'a encore été que rarement enregistré d'une manière

» positive par la science, j'ai cru devoir insister sur ces dé- » tails.

» Déjà, au Nevado de Toluca, j'avais assisté à des scènes du » même genre, mais beaucoup plus intenses, à cause de sa » position sous les tropiques et de son altitude de 4548 mètres.

» Cependant le rapprochement des diverses observations » permet de distinguer entre elles plusieurs points communs.

» Ainsi : 1° L'écoulement de l'électricité par les roches cul- » minantes se produit sous un ciel orageux chargé de nuages » bas, enveloppant les cimes ou passant à une très-petite dis- » tance au-dessus d'elles, mais sans qu'il y ait de décharges » électriques à proximité du lieu où se manifeste l'écoule- » ment continu.

» 2° Dans tous les cas observés, le sommet de la montagne » était enveloppé par une giboulée de grésil, ce qui pourrait » faire supposer que l'écoulement continu de l'électricité du » sol vers les nuages n'est pas étranger à sa formation. Ainsi, » pendant l'observation du 22 juin 1865 en particulier, toutes » les aiguilles rocheuses se trouvaient dans les mêmes condi- » tions météorologiques, tandis que les vallées situées entre » les pics recevaient de fortes ondées de pluie. Cependant il » faut aussi faire ici la part de la température plus élevée de » ces bas-fonds, où le grésil, allant se fondre, tourne à l'état de » pluie. Il y a longtemps que M. de Charpentier a fait ressor- » tir la portée du fait, et, grésil ou neige, les résultats doivent » être les mêmes. »

XV. *Électricité des prairies près de Courtavon.* — En vertu de la loi du parallélisme des axes montagneux si catégoriquement détaillée par M. Élie de Beaumont, les principales inflexions des Alpes sont représentées dans le Jura, et, chose curieuse, les épanchements électriques, si prononcés dans l'angle du Mont-Blanc, se reproduisent dans l'angle correspondant du Jura compris entre Porentruy et Neufchâtel, comme le démontrent les observations suivantes, bien qu'elles aient été faites sur des surfaces d'une nature fort différente des précédentes.

Prenons donc d'abord les espaces herbeux qui se couvrent d'éclairs rasants, d'où la dénomination d'*éclairs de prairies*.

Un fait de ce genre a été très-bien observé dans les environs de Porentruy, au pied du Jura et près de Courtavon. Là se trouve, à 100 mètres au-dessus d'une vallée, l'antique château de Morimont, dont la restauration a été confiée à M. l'ingénieur des mines Quiquerez de Délémont, savant bien connu par ses beaux travaux miniers et archéologiques. Étant occupé à diriger les ouvriers, le 25 août 1865, il fut surpris par deux orages successifs, entre neuf heures et midi. A trois heures du soir, il en survint un troisième avec des nuages excessivement bas. Alors l'électricité se manifestait d'une façon effrayante sur toute l'étendue des prés du voisinage; les étincelles se succédaient coup sur coup, sous la forme de rapides traînées lumineuses, courant sur les gazons au lieu d'être en l'air. Le bruit général était tel, que les crépitations particulières ne se distinguaient en aucune façon. D'ailleurs il ne pleuvait pas; mais on se trouvait presque dans le nuage, et tout avait été mouillé par les averses de la matinée.

A trois ou quatre heures, à l'est du Morimont et sur le prolongement du même chaînon du Jura, se trouve le Maria-Stein. Ici également, mais un peu plus tard, des éclairs qui couraient sur les prés et sur les champs, comme si le terrain était embrasé, épouvantèrent la population. M. Quiquerez n'est donc pas le seul qui ait observé le phénomène, et j'ajoute que les orages s'étendirent jusqu'à Lyon.

XVI. *Électricité des lacs près de Neuchâtel.* — Des diffusions du même ordre se manifestent sur les lacs, et déjà Arago a mentionné le fait pour un étang de Parthenay (Vendée), dans sa *Notice sur le tonnerre*, page 371.

La Société d'histoire suisse en vit un exemple, le 2 août 1850, en naviguant sur le lac de Morat, à huit ou neuf heures du soir. Alors le tonnerre se faisait entendre à Montbéliard, Châlon et Bourg.

Pareillement, sur le lac de Bienne, des bateliers de Nidau ont cru un moment traverser une nappe de feu. Malheureusement, je ne trouve pas aujourd'hui la date de l'événement, de sorte qu'il faut me borner à le mentionner comme s'étant produit à une époque très-récente.

Aperçus conjecturaux. — On vient de voir qu'à l'égard de ces dégagements de l'électricité terrestre, se reproduit l'indifférence déjà signalée dans une autre Note au sujet des coups de foudre. Ceux-ci tombent du ciel de toutes façons, sur des surfaces minérales, aqueuses ou boisées; de même le fluide émane d'emplacements de la nature la plus variée, rocheux, herbeux, lacustres et neigeux.

Mais pourquoi cette prédilection pour les points d'entrecroisement des dislocations alpines ou jurassiennes? Et d'ailleurs je note en passant que les vastes massifs de la Jungfrau, ainsi que ceux de la Bernina, sont eux-mêmes des bombements provenant d'effets complexes.

Avant de m'aventurer dans cette voie, en quelque sorte géologique, qui semblait s'ouvrir devant moi, j'ai voulu savoir si d'autres nœuds, non moins singuliers, ne seraient pas assujettis à des relations pareilles. La magnifique aiguille du mont Viso se présentait d'une façon assez nette pour m'engager à consulter un bon observateur, curé des environs, et dont il sera question dans une autre occasion. Sa réponse a été que les illuminations ou phénomènes du genre de ceux dont je lui parlais étaient parfaitement inconnus dans son district. Ainsi donc sachons encore attendre.

J. FOURNET.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

COURS DE M. W. A. MILLER

(de la Société royale de Londres).

L'Analyse spectrale et ses applications à l'astronomie (1).

III.

SPECTRE SOLAIRE. — MÉTHODES D'OBSERVATION. — PARTIES CONSTITUANTES DE L'ATMOSPHÈRE SOLAIRE. — SPECTRES DE LA LUNE, DES PLANÈTES, DES COMÈTES ET DES MÉTÉORES. — CONCLUSIONS.

Nous abordons aujourd'hui la partie la plus difficile, mais aussi la plus intéressante du sujet que j'ai entrepris de traiter devant vous, l'application des principes de l'analyse spectrale à l'examen de la constitution des corps célestes. Nous dirigerons spécialement notre attention sur le soleil et sur quelques-uns des corps du système solaire.

(1) Voyez notre tome IV, page 753, numéro du 26 octobre 1867.

Pour faire cette étude d'une manière efficace, permettez-moi de récapituler brièvement les principaux faits sur lesquels je dois m'appuyer, et que j'ai essayé de vous présenter d'une manière expérimentale dans les deux dernières leçons.

Nous aurons aujourd'hui à examiner la troisième classe de spectres, les spectres brillants continus, rayés par des lignes noires. Vous vous rappelez que tout corps gazeux, à une température suffisamment élevée, possède un spectre qui lui est propre. Ce spectre peut avoir un éclat croissant à mesure que la température s'élève, et de nouvelles raies peuvent également s'y développer; mais les raies qui sont visibles à une température plus basse subsistent en même temps. Nous avons vu aussi que les corps composés, suffisamment chauffés, sont séparés en leurs parties constituantes, et que de tels corps, dans ces circonstances, donnent naissance aux spectres propres des éléments qui les composent. Dans beaucoup de cas, quelques-uns de ces éléments donnent des spectres faiblement éclairés, qui disparaissent entièrement de l'image projetée sur l'écran, quoique le spectre de l'autre élément soit parfaitement distinct. Les gaz simples transparents, en particulier, doivent être rangés parmi les corps dont les spectres disparaissent dans ces conditions : tels sont l'oxygène, l'azote, et, d'une manière générale, les gaz permanents. Dans un ou deux cas, l'élévation de température produit, dans les gaz, des spectres qui diffèrent de ceux obtenus à des températures plus basses. Sous l'influence d'une température élevée, il apparaît un nouveau spectre qui n'avait pas encore été vu. On a supposé que, dans ces cas, le changement dans le spectre était accompagné d'un changement correspondant dans la constitution chimique ou moléculaire du corps soumis à l'expérience.

Permettez-moi maintenant de vous rappeler une expérience que j'ai faite dans ma première leçon. Nous avons fait passer la lumière émise par deux pointes de charbon à travers la vapeur de sodium, et nous avons vu que l'effet dépendait de la température relative des deux spectres. Si la vapeur de sodium est à une température beaucoup plus basse que le corps qui est placé par derrière et qui donne un spectre continu — (la vapeur de sodium absorbe dans ce cas les rayons dont la vitesse de vibration correspond à celle de ses propres molécules), — et si l'on n'élève cette température du sodium que très-légèrement, la lumière émise sera un peu plus grande que celle que le sodium seul produirait; mais elle sera bien moindre que celle produite par la portion du spectre continu placé derrière, qui a été absorbée. De là il résulte que lorsque l'image de cette lumière du sodium est projetée sur un écran, au lieu d'avoir une raie brillante, nous obtenons une bande noire; c'est, en réalité, une bande d'un pouvoir moins éclairant, qui, par son contraste avec un spectre plus brillant, produit sur notre œil l'impression d'une bande noire. L'intensité de cette bande noire variera suivant qu'il existera une différence plus ou moins grande entre la température du corps placé par derrière, et celle du sodium par lequel l'absorption s'effectue.

Si la température du sodium augmente jusqu'à devenir égale à celle du corps placé par derrière, la lumière qui tombe sur le sodium sera absorbée comme auparavant; mais alors, comme il y a égalité dans l'intensité des deux lumières, l'effet produit ne sera pas sensible. Aussi, le spectre qui tombe sur l'écran sera-t-il continu, si le sodium est aussi chaud et aussi lumineux que la portion du spectre qui traverse sa vapeur et qui est absorbée par elle. Mais, si le sodium devient plus chaud et acquiert une intensité lumineuse plus grande que le corps qui est derrière lui, son action sera alors prépondérante, et au lieu d'une bande obscure, nous aurons une raie brillante, ou du moins d'un éclat croissant.

En résumé, et pour bien fixer dans votre esprit les trois ordres de phénomènes qui peuvent être produits par la vapeur de sodium incandescente : 1° Nous avons une ligne noire quand la température du sodium est peu élevée; ou bien 2° nous n'avons plus d'effet sensible quand la température du sodium devient égale à celle de la lumière incidente ; ou 3° nous avons une ligne brillante quand la température du sodium est beaucoup plus élevée que celle de la lumière incidente. Ce qui est vrai pour la vapeur du sodium, l'est également pour les vapeurs de tous les corps incandescents. Nous allons voir très-prochainement l'application de ces principes.

Avant d'arriver à l'examen du spectre solaire lui-même, je veux vous donner, si je puis, quelques notions sur ce vaste centre de force dont nous dépendons à chaque instant de notre vie, et dont l'action s'étend sur tout ce qui nous entoure.

Le soleil, vous le savez, est un corps immense placé à 95 millions de milles de la terre ou peut-être un peu moins; c'est un globe dont le disque visible a environ 880 000 milles. Ce globe merveilleux lance continuellement au loin, dans toutes les directions de l'espace, des torrents de lumière et de chaleur. Nous ne recevons à chaque instant que la 2300 millionième partie de cette lumière et de cette chaleur; tout le reste se dissémine dans l'espace, pour être intercepté de côté et d'autre par d'autres planètes et d'autres soleils. Mais que devient l'immense quantité de lumière et de chaleur rayonnée au loin dans l'espace par le soleil? C'est une question qui n'a pas reçu de solution, et à laquelle on ne peut pas répondre dans l'état actuel de nos connaissances. Ce globe immense est constamment dans un état de vive incandescence; recherchons si nous avons des moyens de reconnaître la cause de cette incandescence, et, dans le cas où il nous serait impossible de pénétrer aussi avant, si nous ne pouvons pas au moins déterminer la nature de la matière qui est dans cet état d'activité merveilleuse. Dans une recherche de ce genre, nous devons emprunter tous les secours qui sont à notre disposition.

Si l'on observe le soleil avec une lunette, on remarque que sa surface est dans un état perpétuel de violente agitation. Ce n'est pas une masse incandescente et immobile de fer fondu, car l'activité de la combustion n'est pas partout la même dans les différents points de la surface du soleil, et, par suite, la quantité de lumière émise est aussi différente. En somme, la surface du soleil doit être considérée comme formée d'une série de ce que l'on a appelé des granules brillants dont les formes ont été décrites diversement par les observateurs, suivant la puissance des instruments employés. Mais ces granules brillants, ne l'oubliez pas, représentent des masses qui ont des centaines de milles de diamètre. Nous sommes en effet si éloignés du soleil, qu'un cercle dont le diamètre serait égal en longueur à une seconde angulaire — ce qui, suivant sir John Herschel, est la plus petite surface que nous puissions percevoir, — aurait un diamètre égal à 467 milles. Ces masses de matière lumineuse sont répandues sur la surface d'un corps qui est bien moins lumineux qu'elles, et, sur la surface même du soleil, se trouvent des points noirs qui ont été appelés *pores*. On voit, de plus, de distance en distance, d'immenses tourbillons qui paraissent agiter constamment cette

atmosphère lumineuse. Suivant sir John Herschel, on se forme une meilleure idée de cette atmosphère du soleil, fréquemment appelée photosphère, en la supposant formée d'une matière vaporeuse très-finement divisée et extrêmement lumineuse, en suspension dans un milieu transparent et faiblement lumineux, les différences dans l'éclat de la lumière dépendant des différences dans la distribution de la matière en suspension. Je suis très-loin de dire que cet état soit entretenu par nos procédés ordinaires de combustion; mais il n'y a rien, je crois, qui puisse vous donner une idée plus juste de la nature des particules lumineuses du soleil, que ce qui se produit quand une substance comme le phosphore, par exemple, brûle dans l'oxygène; ce corps engendre une grande quantité d'acide phosphorique solide, floconneux, et brûle avec une lumière d'un blanc éclatant produite



FIG. 3 — Tache solaire d'après Nasmyth (d'après *le Ciel*, de M. A. Guillemin).

par la chaleur dégagée pendant la combustion. La matière en suspension dans l'atmosphère solaire est peut-être formée de particules liquides, mais plus probablement de particules solides : elles se déposent, dans cette atmosphère qui n'est pas extrêmement lumineuse, mais qui est chauffée à une température très-élevée, en larges masses semblables à des nuages qui tendent constamment à descendre à un niveau plus bas, et que constamment aussi des courants ramènent dans l'atmosphère solaire. Pour interpréter ces phénomènes, nous appellerons à notre aide tous les faits que nous pouvons constater relativement à l'état physique du soleil, et nous appliquerons les lois physiques telles que nous les avons déterminées sur la terre, sans en inventer de nouvelles, si nous voulons rester dans la véritable voie des recherches scientifiques.

Supposons que le disque tout entier du soleil soit rempli d'une matière de densité uniforme — supposition bien forcée, je l'avoue, — nous serons portés à penser que la masse du soleil aura une densité un peu plus grande que le quart de celle de l'eau. Vous savez de plus que l'effet de la pesanteur à la surface du soleil est beaucoup plus considérable qu'à la surface de la terre : ainsi, un poids d'une livre à la surface de la terre en pèsera environ 28 à la surface du soleil; de sorte que, dans ce dernier cas, l'effet de la pesanteur, comme celui de beaucoup de forces qui agissent sur la terre, se trouve exagéré d'une manière extraordinaire.

En outre de ces granules brillants, dans l'intervalle desquels se trouvent les pores obscurs, ou taches, produisant ce que nous pouvons regarder comme étant l'aspect habituel de la surface du soleil, il y a en outre, comme nous l'avons déjà dit, de violents tourbillons. La masse lumineuse qui constitue

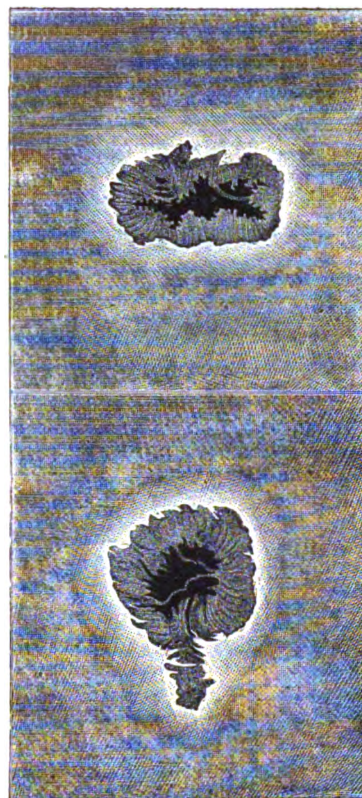


FIG. 4. — Taches et facules de la photosphère solaire (d'après *le Ciel*, de M. A. Guillemin).

la photosphère du soleil est, de temps en temps, comme déchirée; des milliers, que dis-je? des centaines de mille de milles carrés de sa surface sont jetés de côté, et une vaste cavité s'entr'ouvre dans cette masse. Je me fonde, pour vous tenir ce langage, sur les observations relatives aux taches du soleil, faites pour la première fois, il y a environ cent ans, par le professeur Wilson (de Glasgow), et confirmées depuis, d'une façon remarquable, par des recherches effectuées avec le plus grand soin. Les descriptions les plus nouvelles de la surface du soleil sont dues à nos compatriotes de la Rue et Balfour Stewart (1) aidés de M. Löwy. Leurs recherches nous mon-

(1) Voyez dans notre tome IV, page 817, numéro du 23 novembre 1867, une conférence de M. Balfour Stewart sur *le soleil considéré comme étoile variable*.

trent que ces vastes cratères ouverts dans la surface lumineuse — si j'ose m'exprimer ainsi, — sont composés de deux parties principales : un bord légèrement obscurci, c'est la *pénombre;* et une partie centrale se montrant sous forme d'une tache noire, c'est l'*ombre*. Que peuvent être ces taches du soleil? C'est là un problème bien difficile à résoudre. La photosphère a-t-elle été accumulée en certains points pour former ces brillantes bigarrures connues sous le nom de *facules?* et ces taches noires sont-elles des nuages de matière plus froide qui s'enfoncent dans la photosphère, et disparaissent graduellement par suite de leur contact avec les portions incandescentes qui les ramènent peu à peu à leur température ordinaire? Sont-elles — et je pense que l'évidence des faits doit faire rejeter cette hypothèse — des trous dans cette photosphère lumineuse montrant au fond une masse obscure qui serait le noyau intérieur du soleil lui-même? Je ne puis traiter maintenant avec plus de détails la question des taches solaires, parce que ce serait étranger à mon sujet. Mon intention est de chercher à vous initier aux nouvelles découvertes que l'étude du spectre nous a permis de faire, en vous mettant sous les yeux quelques-uns des points capitaux de la physique du soleil.

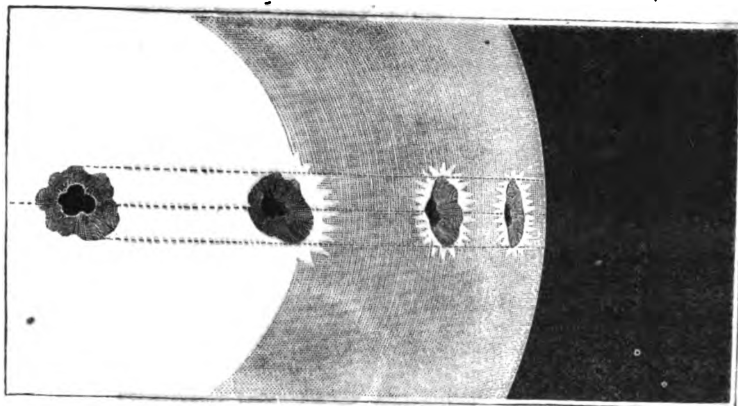


Fig. 5. — Formes successives d'une tache en approchant du bord du soleil (d'après *le Ciel*, de M. A. Guillemin).

A cet effet, je vais projeter sur l'écran une photographie représentant la surface du soleil. Cette image, remarquez-le bien, sera en sens inverse; c'est-à-dire que les parties les plus brillantes sur le soleil correspondront, dans la photographie, aux parties qui auront le moins d'éclat. A la partie supérieure du disque, vous voyez une tache brillante: c'est une tache solaire très-caractéristique. En vous rappelant que la partie la plus brillante sur l'écran est en réalité celle qui est la plus obscure sur le soleil, vous observerez au centre de l'ouverture l'ombre de la tache. Autour d'elle se trouve ce qu'on appelle la pénombre, ou portion moins obscure. De l'autre côté sont placés des groupes de taches qui sont en voie de formation ou de cicatrisation, car je ne sais à quelle phase ils ont été pris. Ces taches traversent le disque solaire de gauche à droite, et, comme elles s'enfoncent graduellement, on voit toujours l'ombre disparaître la première (fig. 5).

Je désire maintenant vous entretenir d'un autre fait ayant rapport au soleil, et que de récentes recherches nous ont permis d'affirmer. Le soleil n'est pas simplement une immense sphère incandescente; mais il existe autour de lui une sorte de deuxième atmosphère dont nous ignorions absolument l'existence il y a vingt ou trente ans d'ici. Le phénomène qui a permis d'affirmer ce fait est seulement visible dans les rares occasions où le disque du soleil est obscurci par le passage de la lune entre lui et nous. Dans ce cas, et pour certaines conditions particulières, on observe que le soleil est entouré d'une vaste atmosphère qui n'est pas dans un état d'aussi vive incandescence que la surface même que nous avons l'habitude de voir. Voici une photographie qui représente une observation faite par M. de la Rue, en juillet 1860. (La photographie est mise sous les yeux de l'auditoire.) Elle nous indique ce que l'on voit quand tout le disque du soleil, qui est visible dans les circonstances ordinaires, est complétement éclipsé par la lune. Vous remarquerez qu'autour du globe obscur de la lune, nous avons un halo bien caractérisé, et que ce halo est en certains points beaucoup plus brillant qu'en d'autres, ce qui indique la présence de nuages flottant dans l'atmosphère. On a vu quelquefois ces nuages se détacher les uns des autres. On a évalué au minimum à 72 000 milles la distance à laquelle, dans quelques cas, ces nuages se trouvent de la surface du soleil, de sorte qu'autour du soleil, il existe une vaste atmosphère, invisible ordinairement, dans laquelle sont projetées ce que l'on a appelé des flammes rouges que vous voyez ici, et qui sont sans doute des nuages de matière incandescente. Dans cette photographie, l'atmosphère solaire est toute d'une teinte uniforme, mais les projections dont nous parlons, au lieu d'être blanches comme elles le paraissent ici, sont d'une riche couleur rouge et possèdent une puissance photographique considérable. Quant à ce que peut être la nature même de ces flammes, c'est un point sur lequel de nouvelles recherches sont nécessaires. Il est probable que l'année prochaine (1868), on pourra faire sur elles des observations dans les conditions les plus favorables qui aient jamais existé depuis que l'attention est attirée sur ce sujet; car, dans le mois d'août, il y aura une éclipse totale de soleil, visible dans les parties centrales de l'Inde, et qui aura une durée inaccoutumée de près de cinq minutes. Alors, si les circonstances atmosphériques le permettent, les personnes spécialement préparées auront toutes facilités pour observer ces flammes au moyen du spectroscope, et pourront probablement déterminer ainsi de quels éléments elles sont constituées.

Je vais maintenant essayer d'expliquer comment le spectroscope agira pour déterminer le caractère de ces flammes, et comment il peut faire reconnaître quelques-unes des matières qui entrent dans la constitution du soleil. Nous devons aux observations et aux découvertes de Kirchhoff d'avoir fait de très-grands progrès dans cette voie. La figure que je mets sous vos yeux est destinée à représenter certains phénomènes qu'offre le spectre solaire. — Supposons que la lumière passe à travers une fente verticale, puis tombe sur un prisme; le spectre ainsi obtenu sera rayé d'un nombre de lignes noires presque infini. Je ne sais pas au juste si ces bandes noires n'ont pas été observées pour la première fois à cette Institution; quoi qu'il en soit, l'observation en fut faite pour la première fois par un de ses membres les plus distingués, le docteur Wollaston, et l'on ne pressentait certainement pas l'importance de cette observation au moment où elle fut faite. Ce savant observait simplement la lumière venant par la fente d'une porte à travers un prisme qu'il avait placé à la hauteur de

l'œil. Environ douze ans plus tard, Fraunhofer étudia le spectre solaire en regardant la fente, qu'il plaçait à une distance de vingt-quatre pieds de lui, à travers un prisme très-pur et au moyen d'une lunette. Alors il ne vit plus seulement huit ou dix bandes, comme le docteur Wollaston, mais il en dessina et en mesura près de six cents; aussi ces raies ont-elles été nommées après lui *raies de Fraunhofer*. Les lettres de l'alphabet ont été affectées par Fraunhofer à l'indication des raies les plus importantes et les plus prononcées qu'il avait observées. Fraunhofer trouva que les raies du spectre avaient des positions parfaitement fixes dans les différentes couleurs, et il appliqua cette observation à la détermination de l'indice de réfraction du verre dont il se servait dans ses lentilles et dans ses prismes. Ces raies ont toujours été désignées par les lettres que Fraunhofer leur a appliquées.

Beaucoup de savants ont, depuis, étudié avec soin le spectre solaire, et quelques-uns ont décrit et dessiné de nouvelles pourra être faite avec la plus grande précision. Kirchhoff a dessiné avec beaucoup de soin toutes les raies comprises entre les lettres A et G, leur teinte et leur netteté variant d'ailleurs beaucoup. C'est là un point curieux, et en même temps d'une grande importance; pour bien le saisir, il faut procéder de façon à pouvoir déterminer l'origine des raies dans certains cas. Au lieu de projeter les raies du spectre solaire lui-même sur l'écran, ce que je ne puis pas faire, je vais vous montrer la photographie d'un dessin de Kirchhoff. C'est un admirable dessin, mais il y a une grande difficulté à rendre des lignes aussi déliées visibles pour tout un nombreux auditoire. (On projette sur l'écran la photographie du dessin.) Vous voyez sur la figure combien la largeur de ces raies, leur degré d'obscurité et leur netteté sont variables. Quelques-unes sont aussi déliées qu'une ligne peut l'être dans le dessin le plus délicat, tandis que d'autres sont larges et confuses, et quelquefois à contours mal arrêtés. Vous voyez, par conséquent,

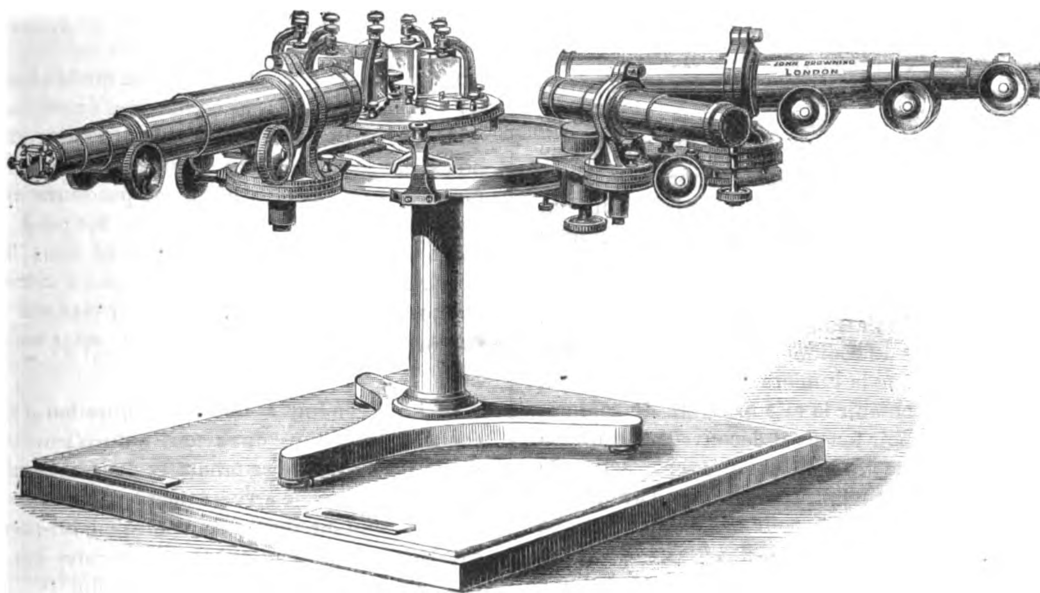


Fig. 6. — Spectroscope à neuf prismes.

raies. Quoique je ne puisse pas entrer ici dans l'historique de cette matière, je vous citerai particulièrement les noms d'Angström, et d'un de nos compatriotes, sir David Brewster, qui a fait ses derniers travaux avec le docteur Gladstone. Le savant auquel nous devons le plus est Kirchhoff. Il se servait d'un instrument absolument semblable en principe à celui que je vous ai décrit dans la dernière leçon; mais, au lieu de prendre un seul prisme, suivant la disposition représentée dans la figure, il faisait passer la lumière à travers trois prismes additionnels, et observait ensuite les phénomènes à l'aide d'une lunette. La bienveillance de M. Gassiot me permet de vous montrer ce que je crois être le meilleur instrument de ce genre qui ait jamais été construit. M. Browning en est le constructeur, et la perfection de main-d'œuvre a été attesté par tous ceux qui s'en sont servis. Dans cet instrument, la lumière traverse un assemblage de neuf prismes, puis tombe sur une lunette avec laquelle on peut l'étudier (fig. 6). Il est clair qu'en faisant passer un faisceau de rayons solaires à travers un pareil instrument, ce faisceau s'élargira par l'action successive des prismes, de telle sorte que la détermination de chaque raie que chacune de ces raies a un caractère bien déterminé.

(L'attention de l'auditoire est attirée sur certains groupes de raies, particulièrement dans le voisinage des raies D et C.)

Avant de quitter cette partie de notre sujet, je veux vous mettre sous les yeux une belle photographie indiquant la position exacte de ces raies produites par l'action des rayons solaires sur une plaque recouverte de collodion. Elle a été prise à New-York par M. Rutherfurd. Quand on compare cette photographie avec les dessins de Kirchhoff, on est frappé de la correspondance parfaite qui existe entre elles, et de la fidélité avec laquelle les dessins représentent les lignes réelles.

Je projette encore une fois le dessin sur l'écran pour appeler votre attention sur la partie verte. Il y a dans le vert trois lignes marquées *b* qui sont dues au magnésium. Au-dessous du dessin, vous voyez une grande quantité de lettres, par exemple les lettres *Fe*. C'est une abréviation du latin *ferrum* (fer), et elles veulent dire que chacune des raies ainsi désignées correspond à une raie brillante dans le spectre du fer. Il y a beaucoup d'autres corps indiqués de la même manière : ainsi *Ni* veut dire nickel; *Ca*, calcium; *Cd*, cadmium; *Au*, or. Il ne

faudrait pas croire que tous ces métaux aient leurs lignes correspondantes dans le spectre solaire ; mais Kirchhoff a étudié les raies brillantes produites par ces différents corps, et il a marqué la position à laquelle elles correspondent dans le spectre solaire.

Examinons maintenant la portion bleue du spectre. Cette raie noire que vous y voyez est la raie G de Fraunhofer, et vous remarquerez combien sont nombreuses les raies noires groupées dans cette partie du spectre. Chacune de ces lignes a sa signification spéciale, quand nous pouvons réussir à la déterminer, ce qui, dans beaucoup de cas, ne peut être fait.

J'ai maintenant à vous expliquer comment Kirchhoff, à l'aide de ces lignes, a pu se rendre compte de la constitution du soleil. Quand on fait passer une série d'étincelles électriques entre des fils métalliques, l'étincelle, étudiée à l'aide du prisme, donne le spectre propre du métal. Prenons, par exemple, deux fils d'argent, et faisons passer entre eux, sous forme d'étincelles, le courant d'une bobine d'induction ; des particules métalliques seront réduites en vapeur et donneront le spectre spécial de l'argent. La chaleur produite de cette façon est d'une intensité extrême. Tout autre métal peut être substitué à l'argent et disposé de façon à produire son spectre, les pointes métalliques étant placées dans une position telle que la lumière de l'étincelle puisse être réfléchie dans le spectroscope, et de là dans l'œil de l'observateur.

Fraunhofer et d'autres observateurs, je l'ai déjà dit, ont constaté qu'une double raie noire, la raie D, coïncidait dans le spectre solaire avec une raie brillante observée dans certaines flammes. On a reconnu que cette raie était due au sodium. Kirchhoff, afin de s'assurer de la coïncidence exacte de la raie D avec les raies du sodium, plaça la lumière due au sodium de telle sorte que la lumière du soleil la traversât, et il trouva qu'au lieu d'obtenir la raie brillante du sodium, il obtenait une raie d'un noir foncé : il découvrit ainsi que la raie du sodium, de brillante devenait obscure sous l'action de la lumière plus éclatante du soleil, comme nous l'avons déjà expliqué. Ayant trouvé ce résultat pour le sodium, il étudia les autres corps de la même façon, et il arriva à la même conclusion pour le baryum, le strontium et d'autres métaux encore. C'est alors qu'il se mit à comparer méthodiquement les raies brillantes des métaux avec les raies noires du spectre solaire. Quand, par exemple, l'étincelle électrique jaillit entre deux pointes de fer, suivant la manière que j'ai décrite précédemment, on obtient un spectre qui contient environ soixante-dix raies brillantes entre le rouge extrême et le violet extrême. Ces lignes brillantes diffèrent beaucoup pour l'éclat ; quelques-unes sont très-éclatantes ; d'autres le sont beaucoup moins. Bref, le point intéressant, constaté par Kirchhoff, n'était pas seulement qu'à chaque ligne brillante du spectre du fer correspondait une ligne noire dans le spectre solaire, mais encore qu'il y avait correspondance entre les intensités respectives des deux lignes. Les raies les plus brillantes dans le spectre du fer étaient les plus obscures dans le spectre solaire, et les plus faibles dans le spectre du fer étaient aussi les plus faibles dans le spectre solaire. Et la coïncidence n'avait pas lieu seulement pour deux raies (elle aurait pu alors être regardée comme fortuite), mais pour soixante-dix, raie pour raie, et intensité pour intensité. Il est impossible d'avoir une preuve plus frappante de l'identité de la cause qui produit ces deux effets. Eh bien ! ayant constaté que cette coïncidence existe dans le cas du fer, il répéta l'expérience sur d'autres métaux, et parmi eux, sur le magnésium. Ce métal donne un spectre très-limité, composé d'un triple groupe de raies très-brillantes dans le vert, et l'on a vu que ce groupe coïncide exactement en force et en position avec la raie noire marquée *b* dans le spectre ; en effet, quand on examine cette raie avec soin dans le spectre solaire, on trouve qu'elle se compose de trois raies noires correspondant exactement aux trois raies du magnésium ; par conséquent, le magnésium en vapeur est un des éléments qui entrent dans la constitution de l'atmosphère solaire. Je pourrais continuer ainsi en étudiant séparément chaque spectre métallique. Mais, pour économiser le temps, voici la liste sur laquelle sont énumérés tous les métaux dont on a reconnu l'existence dans l'atmosphère solaire :

Sodium,	Nickel,
Calcium,	Zinc,
Baryum,	Strontium,
Magnésium,	Cadmium,
Fer,	Cobalt,
Chrome,	Hydrogène.

On peut bien y ajouter le cuivre, quoique sa présence soit un peu douteuse. On en a signalé d'autres comme douteux, quoique beaucoup de leurs raies correspondissent aux raies noires du spectre solaire, parce qu'il y a d'autres raies produites par ces métaux qui n'ont pas leurs raies correspondantes dans le spectre solaire. Ce fait peut provenir de ce qu'ils n'existent qu'en petite quantité dans l'atmosphère du soleil. En résumé, nous pouvons poser cette règle, que les métaux énumérés plus haut fournissent des raies brillantes correspondant, raie pour raie, aux raies noires du spectre solaire.

Ceci me conduit à une autre question d'une importance capitale. Vous vous direz tout naturellement : « Il est bien vrai qu'il y a des raies produites dans la lumière qu'émet le soleil, avant qu'elle arrive à nous ; mais comment savons-nous qu'elles sont produites dans le soleil lui-même ? Toutes les substances dont nous avons vu les raies dans le spectre solaire sont des corps que nous connaissons sur la terre : n'est-il pas possible que tous ces corps existent dans l'atmosphère terrestre en quantités convenables pour intercepter ces rayons de lumière qui manquent dans les rayons solaires au moment où ils arrivent à nous ? » C'est là assurément une question importante ; mais on peut lui donner une solution complète. Si nous n'avions pas à examiner d'autres lumières que celle du soleil, la difficulté serait peut-être difficile à résoudre ; mais nous avons dans les étoiles une foule d'autres corps qui nous envoient une lumière tout à fait indépendante de celle du soleil. Si nous trouvions que chaque étoile nous donne le même spectre que le soleil, nous pourrions bien alors douter que ces raies soient réellement dues aux matières existant dans le soleil, et nous serions plutôt portés à penser qu'elles sont produites par les corps qui se trouvent dans l'atmosphère terrestre. Mais, comme nous le verrons dans la prochaine leçon, chaque étoile donne lieu à un spectre *spécial*. Il est bien évident, d'ailleurs, que si la cause des raies se trouvait dans l'atmosphère de la terre, la lumière émise par les étoiles devrait agir exactement de la même manière que la lumière du soleil. L'expérience prouve qu'il n'en est pas ainsi ; donc la cause ne réside pas dans l'atmosphère terrestre, au moins pour la majorité des cas : il y a, en effet, certaines

raies, comme je vous le dirai tout à l'heure, qui sont véritablement dues à l'action de l'atmosphère terrestre.

L'analyse spectrale ne peut pas nous dire si la surface visible du soleil est solide ou liquide, ou bien si elle est formée de nuages, parce qu'un nuage, ou un corps solide, ou un corps liquide, nous donnera toujours un spectre continu. Si nous considérons la lumière émise par l'acide phosphorique produit en brûlant du phosphore dans l'oxygène, elle nous fournira un spectre continu comme la surface du soleil. Mais nous savons qu'il y a une atmosphère considérable en dehors du disque visible du soleil, et que l'existence de cette atmosphère nous est temporairement révélée pendant une éclipse totale. Cette atmosphère immense contient des corps de toute espèce, à l'état de vapeur, qui ont été volatilisés par l'énorme quantité de chaleur produite dans le soleil lui-même. Naturellement, les parties les plus éloignées du soleil doivent être les plus froides. C'est pourquoi il y aura dans l'atmosphère solaire une couche où nous nous trouverons précisément dans la position voulue pour obtenir l'inverse des lignes brillantes dues à chaque vapeur métallique, c'est-à-dire que nous aurons un noyau fortement chauffé derrière une atmosphère plus froide. Mais aussi cette atmosphère plus froide peut être à une température assez élevée pour tenir à l'état de vapeur tous les corps que nous ne pouvons pas volatiliser dans nos fourneaux. Si donc ils nous fournissent les raies noires observées dans le spectre solaire, en absorbant, dans la lumière du noyau solaire incandescent, les vibrations dont la vitesse correspond à celles des vibrations produites par les vapeurs métalliques elles-mêmes, alors nous voyons dans la lumière qui nous arrive quelles sont les vibrations qui manquent; en d'autres termes, nous sommes assurés que ces corps existent dans l'atmosphère du soleil où ils arrêtent les vibrations correspondantes produites derrière eux. Telle est la manière dont Kirchhoff a prouvé que ces corps existaient bien en réalité dans l'atmosphère solaire.

Je disais tout à l'heure qu'il y a des raies produites par l'atmosphère terrestre. C'est une observation curieuse faite pour la première fois par sir David Brewster. Voici comment. La figure que vous avez sous les yeux, et qui est destinée à rendre mon explication plus claire, représente le globe terrestre entouré de son atmosphère à laquelle on a donné une épaisseur exagérée. Vous pouvez voir que, si le soleil est à peu près au zénith, ses rayons traverseront une bien plus petite épaisseur d'atmosphère que s'ils sont presque horizontaux, comme au lever et au coucher de l'astre. Dans ce dernier cas, la lumière aura à traverser des couches plus rapprochées de la terre et d'une densité plus grande que les couches qu'elle traverserait si le soleil était plus élevé au-dessus de l'horizon : de sorte que, si les spectres ne sont pas les mêmes dans ces deux positions différentes du soleil, nous pourrons dire que, probablement, l'effet est dû à quelque matière qui se trouve dans l'atmosphère même de la terre. Les occasions favorables pour prouver ce fait se présentent la plupart du temps par hasard, et il m'est arrivé à moi-même d'en profiter une fois. J'examinais un jour le spectre, quand une pluie accompagnée d'éclairs vint à tomber : aussitôt je découvris un groupe de nouvelles raies produites évidemment par quelque changement subit dans l'air au moment où je faisais mon observation. L'orage s'apaisa peu de temps après, et le changement que m'avait présenté le spectre s'évanouit. M. Janssen, expérimentateur français distingué, et le professeur Cooke, savant américain, ont l'un et l'autre fait des observations prouvant que les changements de cette nature dépendent très-probablement de la quantité variable d'humidité qui se trouve dans l'air. Voici comment M. Janssen disposait ses expériences : il faisait mettre le feu à une pile de bois sur le sommet d'une montagne située au bord du lac de Genève : se plaçant lui-même en station sur la rive opposée du lac, à une distance d'environ treize milles, il observait le feu avec un spectroscope, à travers l'air humide qui était au-dessus du lac, tandis qu'un autre observateur l'étudiait en même temps de très-près. Ce dernier observait seulement un spectre continu. Mais M. Janssen reconnut, vers l'extrémité la moins réfrangible, la présence de quelques raies produites par l'humidité contenue dans l'atmosphère. Ce physicien fit encore une expérience ingénieuse que je regrette de ne pouvoir reproduire ici. Il prenait un tube de fer d'environ 37 mètres de long (ce qui fait à peu près 40 yards), et le fermait à chaque extrémité par une plaque de verre. A un bout, il plaçait une flamme de gaz, examinait à travers le tube le spectre de cette flamme au moyen du spectroscope, et obtenait un spectre continu. Il injectait alors dans le tube de la vapeur à la pression de 7 à 8 atmosphères, de façon à obtenir une couche compacte de vapeur d'eau ; il examinait de nouveau la flamme à travers le tube au moyen du spectroscope, et il voyait, dans la partie rouge du spectre, des rangées bien marquées de raies. Ces raies étaient évidemment produites par l'action absorbante de la vapeur d'eau contenue dans le tube. La température et la pression de la vapeur étaient élevées, il est vrai, mais elles ne l'étaient pas assez pour donner naissance à ces raies; elles servaient seulement à obtenir une grande quantité de vapeur dans un petit espace.

Cette observation fournit un grand nombre de très-curieuses et très-intéressantes applications. Vous remarquerez que la lumière du soleil offre le caractère remarquable suivant (et en vérité toutes les lumières en sont là) : qu'on la voie soit directement, soit après réflexion, sur une surface complétement blanche, elle trahit toujours son origine, c'est-à-dire qu'elle présente toujours les mêmes raies. Si, en effet, nous examinons le spectre provenant de la lumière directe du soleil, ou bien le spectre provenant de la même lumière après réflexion sur la surface d'un nuage ou celle d'un miroir, nous trouverons que la position et le nombre des raies seront toujours les mêmes dans les deux cas. Nous n'obtenons pas un spectre aussi brillant quand nous opérons avec la lumière réfléchie; mais les raies se trouveront juste à la même place qu'avec la lumière directe, et nous pourrons tenir comme certain que la lumière dans l'un et dans l'autre cas vient de la surface du soleil.

Ce qui est vrai dans ce cas particulier paraît être vrai pour tous les cas de réflexion. C'est vrai, par exemple, dans le cas où la réflexion se fait sur la lune. Je vais projeter sur l'écran une photographie récente de la lune due à M. de la Rue. Je désire attirer votre attention de ce côté, parce que le spectroscope nous donne les moyens de voyager sur la surface de la lune, et d'étudier la qualité de la lumière réfléchie par ses différentes parties. Quel usage, direz-vous, pouvons-nous faire de telles connaissances?—Supposons, par exemple, que nous cherchions à savoir si la lune possède une atmosphère. Nos télescopes nous montrent bien que sa face n'est jamais obscurcie par des nuages ou d'épaisses vapeurs. Mais il pourrait cependant arriver qu'une atmosphère très-ténue, renfermant une très-

petite quantité de vapeur, existât autour de la lune, et l'épaisseur de cette couche varierait nécessairement dans les différentes parties de la surface. Si nous regardons le bord extérieur de la lune, l'effet serait semblable à celui qui se produit quand on examine le soleil près de l'horizon, et la lumière transmise traverserait une longue colonne de cette atmosphère, avant d'arriver jusqu'à nous. Si nous regardions directement au centre du disque, où la lumière aurait à traverser une plus petite épaisseur d'atmosphère, nous devrions, dans le cas où il existerait une atmosphère contenant des vapeurs absorbantes, observer une différence entre cette lumière et celle fournie par le bord de la lune. Mais cette lumière est toujours la même, quel que soit le point de l'astre que l'on considère; par conséquent, nous sommes conduits à tirer cette conclusion, que s'il y a une atmosphère autour de la lune, elle est à un tel état de ténuité, qu'elle ne peut produire par absorption aucun changement qui soit perceptible dans le spectre obtenu.

Il y a plus : nous pouvons, à l'aide des observations précédentes, faire voir qu'il est impossible d'admettre que la lune brille de sa lumière propre, bien que nous n'ayons pas besoin de recourir à ces faits pour arriver à cette conclusion, et nous pouvons encore en dire autant de tous les corps planétaires. Mais, quoique nous sachions déjà que la lune et les planètes ne brillent que par l'effet d'une lumière réfléchie, dans d'autres cas les connaissances que nous fournit l'analyse spectrale peuvent avoir pour nous une très-grande importance.

Prenons, par exemple, le cas d'une comète. Sa lumière est-elle une lumière propre, ou bien une lumière réfléchie? Je vous dirai comment cette question peut être résolue; mais, auparavant, je tiens à vous parler des résultats obtenus par les observations faites sur Jupiter, dont la lumière est certainement une lumière réfléchie. Nous acquerrons ainsi quelques renseignements sur l'atmosphère qui entoure Jupiter, parce que la lumière réfléchie par cette planète n'est pas identique avec la lumière incidente. Voici un dessin, représentant quelques observations faites à Talse-Hill par M. Huggins et par moi-même, qui pourra peut-être vous aider à bien saisir ce que je vais dire. Le spectre de la lumière de Jupiter nous offre, en particulier, une bande obscure dans l'orangé. Outre les raies ordinaires du spectre solaire, qui sont parfaitement vues dans le cas où l'on opère avec la lumière de Jupiter, il y a des groupes de lignes qui proviennent de l'atmosphère de la planète. Pour reconnaître sa nature, il fallait voir si le spectre produit par Jupiter était différent de celui qui est produit par l'atmosphère terrestre, et l'on arriva à ce résultat en comparant la lumière de la planète avec celle du ciel. On a pris le moment où ce dernier réfléchit la lumière du soleil couchant, afin que son spectre ne soit pas trop brillant par rapport à celui de Jupiter. Voici quelques photographies de dessins représentant l'aspect de Jupiter, qui ont été faites, il y a quelques années, par M. Huggins, d'après des observations télescopiques. Les astronomes ont longtemps pensé qu'il existait autour de cette planète une atmosphère d'une densité considérable. On a supposé que les bandes ou rayures que l'on observe près de son équateur sont produites par des nuages accumulés. Ce fait nous montre que, suivant toute probabilité, l'atmosphère de Jupiter est extrêmement chargée de vapeur d'eau, et que l'on ne voit pas réellement la surface de la planète. Par conséquent, ce n'est pas la planète elle-même qui réfléchit la lumière; cette dernière pénètre à une certaine profondeur, et revient sur elle-même après avoir traversé une portion de l'atmosphère; aussi ne connaissons-nous pas l'état réel de la surface de Jupiter. Nous avons aussi obtenu une certaine quantité de documents sur l'état des choses dans Mars et Saturne. Dans le spectre fourni par Mars, on remarque une grande quantité de raies dans le bleu. On a supposé que la couleur rouge de Mars était due à une coloration particulière du sol, mais les observations spectrales paraissent montrer qu'elle est plutôt due à quelque substance existant dans l'atmosphère et non dans le sol; si, en effet, cette couleur tenait au sol, nous aurions seulement un spectre confus, et non une série de raies parfaitement régulières, comme on l'a observé.

J'ai dit que, par la méthode de l'analyse spectrale, nous pouvons reconnaître si les comètes sont lumineuses par elles-mêmes, et même arriver à nous faire quelque idée de leur constitution. Nous n'avons pourtant sur le spectre des comètes que des connaissances extrêmement limitées. Donati, en 1864, fit quelques observations; mais les résultats auxquels il arriva ne furent pas bien nets. Je crois que les observations de M. Huggins sur la petite comète télescopique de 1866 sont les meilleures qui aient été faites. Elle se présentait sous forme d'un noyau central brillant entouré d'une atmosphère nuageuse non prolongée en queue, comme cela se présente dans presque toutes les comètes. Par des procédés que j'exposerai dans la prochaine leçon, le spectroscope, mis en expérience, montra que l'atmosphère qui entourait la comète donnait un spectre continu et allongé, au milieu duquel se trouvait une tache lumineuse d'un bleu clair, indiquant la position du noyau. Quel renseignement pouvons-nous tirer de cette observation? C'est que la *coma* elle-même, étant formée par une sorte de brouillard, réfléchit la lumière solaire, qui est de toutes couleurs, de façon à donner un spectre continu, tandis que la portion centrale émet une lumière propre et d'une seule couleur. Je n'ai pas le temps d'aborder aujourd'hui ce sujet; mais je le reprendrai la prochaine fois, en vous parlant de ces corps si remarquables qu'on appelle des nébuleuses.

W. A. MILLER.

— Traduit de l'anglais par P. DELESTRÉE. —

CONFÉRENCES D'ENGHIEN.

M. L. SIMONIN (1).

La Conquête du pôle nord (2).

Parmi les personnes qui m'écoutent, il y en a peut-être plus d'une qui se dit : A quel propos aller au pôle nord? La belle affaire que M. Lambert y plante le drapeau de la France : cela nous en fera-t-il plus grands? Oui, cela nous fera plus grands; et cette entreprise est, à divers points de vue, d'une

(1) Voyez d'autres conférences de M. L. Simonin dans la *Revue des cours scientifiques*, t. IV, p. 193, 311, 646 et 721, n^{os} des 23 février, 13 avril, 7 septembre et 12 octobre 1867, et dans la *Revue des cours littéraires*, t. IV, p. 677, 21 septembre 1867.

(2) Voyez une lecture de M. Ch. Grad sur *les courants et les glaces de la mer polaire*, dans la *Revue des cours scientifiques*, t. IV, p. 203, 23 février 1867; — et une lecture de M. Gustave Lambert sur son *Projet de voyage au pôle nord*, dans la *Revue des cours littéraires*, t. IV, p. 92.

utilité, d'une nécessité que je vais vous faire toucher du doigt.

Pendant des siècles nombreux, les hommes n'ont pas même connu la moitié du globe; aujourd'hui ils en connaissent à peu près les trois quarts, disons les deux tiers, car la moitié de l'Afrique est inconnue. Dans ce tiers qui reste à découvrir, il y a des parties curieuses entre toutes, le pôle nord et le pôle sud, que jamais navigateur n'a pu atteindre. Découvrir le pôle nord est la question à résoudre dans ce moment-ci.

On dirait que la nature s'est plu à écarter les hommes de ces parages; des glaces perpétuelles y règnent, la vie en est pour ainsi dire absente. Quelques rares animaux, le renne, l'ours blanc des pôles, quelques oiseaux marins, les fréquentent seuls. Vers le 80e degré de latitude nord s'arrêtent les Esquimaux, habitants dégénérés de ces contrées désolées; les Esquimaux à la face plate, aux yeux en amandes rappelant les Chinois, vêtus de la peau de leurs ours blancs, se nourrissant d'huile de phoque, mangeant la chair crue du morse. Voilà les uniques habitants de ces contrées privées de lumière pendant près de six mois.

Voilà le pays dans lequel il s'agit d'aller. Vous voyez que ce n'est pas la belle et riante nature d'Enghien, et que pour se condamner à vivre dans ces lugubres solitudes pendant deux ou trois ans, il faut un certain, je devrais dire un grand courage.

On y arrive en traversant une ceinture de glaces par lesquelles le navire peut être retenu pendant des mois, des années même, comme cela s'est vu dans de précédentes expéditions. Ces glaces, voiturées par le courant, entraînées par le mouvement de la terre, peuvent très-bien aussi prendre le navire en flanc par l'avant, ou par la proue, l'éventrer, et submerger tous les marins : cela s'est vu encore. Les longues nuits pendant lesquelles le navire se trouve pris au milieu des glaces sont un temps difficile à passer. Mais, d'après ce que les marins racontent, la nuit est encore moins fatigante que le jour continu. L'esprit, durant cette nuit de six mois, est saisi d'une demi-somnolence. L'homme tombe dans une sorte d'apathie; il s'endort et oublie sa situation. Au contraire, pendant le jour de six mois, si le navire se trouve pris dans les glaces, reculant quelquefois au lieu d'avancer, menacé par les banquises qui descendent du pôle, le désespoir s'empare des navigateurs. Nous verrons tout à l'heure un des grands explorateurs des contrées polaires, Hudson, empoisonné par quelques-uns de ses matelots et abandonné ensuite dans une petite barque, mourir misérablement au milieu des glaces polaires, enseveli en quelque sorte dans son triomphe, pareil à ces héros qui meurent au milieu même du champ de bataille où ils ont remporté la victoire.

Il y a cependant, au milieu de ces contrées désertes, un spectacle qui au moins ravive un peu l'esprit et exalte l'âme : c'est celui des aurores boréales.

Vous savez que vers ce point du globe se trouve ce qu'on a nommé le pôle magnétique du monde. A mesure qu'on monte vers les pôles, l'aiguille de la boussole, si elle est abandonnée à elle-même, tend de plus en plus à s'incliner sur l'horizon, et, vers un point qui est voisin du pôle, elle se place verticalement sur le plan de l'horizon. Le pôle du monde magnétique est là. C'est vers le 82e ou 83e degré de latitude nord, à 6 ou 7 degrés, comme vous voyez, du pôle. Eh bien! de ce point et tout autour de la couronne polaire, les navigateurs assistent de temps en temps à des feux d'artifices splendides. De tous les points du ciel s'élancent des gerbes de feu, ayant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, et pendant quelque temps l'horizon entier est illuminé par cette lumière naturelle.

Ces aurores s'étendent à des distances fort considérables. Je me rappelle qu'en 1859, au milieu des déserts boisés que j'habitais alors dans le district de Maupora, je fus réveillé une nuit par les aboiements des chiens qui entouraient ma cabane; je me levai, et je fus tout étonné de voir comme en plein jour. C'était une aurore boréale qui illuminait l'horizon, et qui, jusqu'à cette distance, c'est-à-dire jusqu'au 37e degré de latitude nord, projetait tous les éblouissements de la lumière. Il y avait en même temps dans l'air comme un flux de vie qui s'était emparé de tous les êtres. Les chiens jappaient, aboyaient, les oiseaux voletaient dans les arbres, et moi-même, réveillé en sursaut, je ne pus me rendormir. Je vous laisse à penser ce que devait être ce spectacle à l'endroit où il se passait en réalité, c'est-à-dire vers le 83e degré de latitude nord.

Les marins qui ont vu ce spectacle ne tarissent pas dans leur enthousiasme. Leurs descriptions empruntent à la poésie tout ce qu'elle peut rêver de plus merveilleux. C'est le seul beau spectacle de ces contrées. Lorsque les aurores sont éteintes, — c'est comme le gaz qui illumine le pôle, — la longue nuit recommence, et, pendant cette longue nuit, on n'y voit pas, on est presque réduit à l'impuissance, si l'on est pris au milieu des glaces.

Les glaces, en effet, apportent un danger perpétuel aux navigateurs. Je vous ai dit qu'on en rencontrait par convois. Dans les détroits de Baffin, de Behring, dans la mer d'Hudson, on en rencontre de véritables montagnes, qui ont trois à quatre cents mètres de haut, et qui descendent du double sous la mer : car, pour flotter, il faut qu'elles aient deux fois plus de profondeur dans l'eau qu'elles n'ont d'élévation au-dessus de sa surface. Quand ces masses énormes se détachent des glaciers du pôle, des craquements sinistres se font entendre : c'est comme une série d'explosions continues. Puis elles s'ébranlent, poussées par la mer, voiturées par les courants; elles charrient avec elles des blocs de rochers du haut des montagnes d'où elles sont descendues, et prennent la direction de l'Atlantique. Malheur alors aux navires qui les rencontrent en pleine mer et qui ne sont pas aux aguets!

En 1860, je traversais la partie de l'Atlantique où l'on rencontre la limite des glaces flottantes, — c'est vers le 40e ou le 45e degré de latitude nord, — et je me rappelle que le capitaine du navire avait mis toutes les nuits dans les mâts deux matelots en observation pour surveiller le passage des glaces, qui auraient pu nous faire couler bas si nous avions été pris à l'improviste.

Ces glaces flottantes entraînaient avec elles, comme je l'ai dit, des blocs de roches arrachées aux montagnes d'où elles sont descendues, et qu'en fondant elles précipitent dans l'Atlantique. Quelques-uns viennent même échouer sur les côtes de l'Islande, de l'Irlande, de l'Écosse et de l'Angleterre. Ce sont ces blocs qui jouent un si grand rôle dans la géologie, qu'on appelle des blocs erratiques, et dont le transport par l'action des glaciers constitue un phénomène qui se passe aujourd'hui encore sous nos yeux dans les Alpes. En effet, les glaces qui descendent du Mont-Blanc, de la Yungfrau, de tous les sommets des Alpes de la Suisse et du Tyrol, entraînent avec elles des blocs de granit, de marbre, de schiste, arrachés aux montagnes, et les déposent ensuite dans les vallée-

Si je me suis bien fait comprendre dans ce simple rapprochement entre les phénomènes glaciaires des Alpes, ce qui se passe encore aujourd'hui aux pôles, et l'existence de ces mêmes phénomènes dans les âges géologiques, vous voyez déjà poindre pour les savants une étude des plus intéressantes dans ce que j'appelle la conquête du pôle.

Il est évident que cette étude, déjà commencée, se continuera; et, sans en avoir l'air, elle se relie aux commencements encore si ténébreux de l'espèce humaine. Notre espèce, en effet, est apparue en Europe au milieu des glaces. A la latitude de Paris, et par conséquent à celle d'Enghien, il y a deux cent mille ans peut-être, quand l'homme s'est montré pour la première fois, — je ne parle pas de l'homme de la Bible, mais de celui de la science, — il y avait des glaces polaires tout autour de nous, et au mileu de ces glaces vivaient les animaux des pôles, soit ceux qui se sont éteints depuis, comme le mastodonte, l'éléphant à longue crinière, l'ours au front bombé, soit ceux qui existent encore aujourd'hui, comme l'ours blanc et le renne, qui a émigré du climat parisien pour gagner la Laponie.

Si l'on exécute des fouilles dans les dépôts de cailloux roulés du sol de Paris, par exemple au Champ de Mars, on y trouve des ossements de renne, d'ours polaire, de mastodonte, d'éléphant chevelu, le même que l'on a trouvé enfoui et conservé tout entier dans les glaces de la Sibérie, et en même temps, au milieu de ces débris, des outils de pierre, les armes naïves de l'homme primitif, des haches plus ou moins taillées ou plus ou moins polies, les mêmes que l'on retrouve aujourd'hui aux mains de l'homme polaire. Vous voyez donc l'intérêt qu'il y a pour le philosophe, pour le naturaliste, pour le savant, pour tout homme qui pense, à s'en aller étudier le plus loin possible les phénomènes glaciaires, puisque nous sommes nés nous-mêmes au milieu de ces phénomènes, puisqu'il y a deux cent mille ans, le pôle du monde, le pôle de glace était peut-être à la limite de Paris.

Si je voulais aborder la question physique, je vous dirais que la terre est ronde; cependant elle n'est pas précisément ronde: c'est ce qu'on appelle un sphéroïde, une façon de sphère aplatie vers les pôles et renflée à l'équateur. Elle doit cette forme au mouvement de rotation qu'elle subit, comme je pourrais vous le prouver par l'expérience, si nous avions ici une sphère formée de lames d'acier flexibles. Si nous montons vers les pôles, nous pourrons y mesurer un arc du méridien, nous connaîtrons ainsi de mieux en mieux la forme de cette petite boule què nous habitons; nous pourrons étudier sur ce point la chute des corps, qui, étant plus près du centre de la terre, tombent plus vite au pôle qu'à l'équateur. Nous pourrons faire osciller le pendule vers le point polaire, dans les régions qui environnent le 90e degré, et voir de combien la durée d'oscillation du même pendule diffère sur ce point de ce qu'elle est à Paris et à l'équateur.

A quoi cela mène-t-il? me direz-vous peut-être. Je vous répondrai d'une façon bien simple. Il y a deux mille ans, des spéculateurs se promenaient dans le jardin d'Académus d'Athènes. Il n'y avait pas de Bourse dans ce temps-là, ou du moins on n'y jouait pas comme aujourd'hui. C'étaient donc des spéculateurs dans les sciences mathématiques. En se promenant sous les grands arbres, ils s'amusèrent à couper un cône, ce que nous appelons un pain de sucre, et, dans les différentes sections plus ou moins inclinées sur la perpendiculaire à la base, ils découvrirent trois courbes : l'ellipse, la courbe fermée, que les jardiniers appellent l'ovale quand ils l'entourent de fleurs et la tracent dans les jardins; une courbe ouverte que l'on nomme la parabole, et une courbe plus ouverte que l'on appelle l'hyperbole. Ces savants n'étaient pas les premiers venus; c'étaient les disciples de Platon, et Platon lui-même était disciple de Socrate. Longtemps on discuta sur ces courbes, sur ce qu'on appelle les sections coniques, et, deux mille ans après, Newton enfermait dans l'ellipse tout le mouvement des corps planétaires. C'est par l'ellipse que les grandes lois de l'astronomie ont été connues, de telle sorte que si les marins se dirigent aujourd'hui en mer avec la certitude du calcul mathématique, c'est grâce aux spéculations de ces savants qui s'amusèrent à tailler un cône suivant divers plans, il y a quelque deux mille ans. Comme l'a dit Condorcet, le matelot qu'un calcul de la longitude préserve du naufrage, ne se doute pas qu'il doit la vie aux spéculations de philosophes qui étudiaient les sections coniques, il y a plus de deux mille ans, dans les jardins d'Académus.

Eh bien, l'homme qui va au pôle aujourd'hui peut trouver quelque chose qui profitera plus tard à l'humanité, et il a d'autant plus de mérite à y aller, qu'il a l'espérance de faire une grande chose, qu'il le fait par dévouement à la science et à l'humanité, sans avoir devant lui la perspective d'arriver à la richesse.

Si vous voulez que nous parlions maintenant de commerce, d'industrie, je pourrai satisfaire les esprits positifs de mon auditoire.

Les baleines, les phoques, les morses, qui peu à peu se sont retirés devant les attaques incessantes de l'homme, ont gagné les parages du pôle, ces parages où il fait plus chaud que dans la région circompolaire, et où, comme l'a dit un marin, les baleines prennent littéralement leurs ébats, jusqu'au jour où de hardis pêcheurs viendront les y déranger de nouveau. M. Lambert va leur tracer la voie : il vous dira dans quelle direction il faut envoyer des baleiniers, par quels côtés ces régions peuvent s'ouvrir aux navigateurs. Et nos ports de commerce profiteront des conseils libéralement donnés par le courageux pionnier.

Ainsi, d'une part, les plus hautes spéculations de la science, et d'autre part, les spéculations matérielles du commerce peuvent être à la fois satisfaites, et je ne crois pas qu'une seule voix s'élève ici pour condamner l'expédition du pôle nord, et pour dire : A quoi bon cette expédition polaire, pourquoi s'en aller si loin avec la presque certitude d'y laisser ses os? — Quand on y laisserait ses os, n'est-ce pas une belle chose que le dévouement d'un homme qui, par amour pour l'humanité, se lève et dit : J'irai là où d'autres ont échoué, j'essayerai d'y parvenir! Matelots courageux, marins hardis, venez à moi, partons! si nous ne revenons pas, tant pis ; d'autres nous suivront! Mais essayons d'arriver; notre nation en sera plus grande, plus glorieuse, et le nom de la France resplendira d'autant plus, qu'une grande expédition aura été faite en son nom.

Et si tous ces gens reviennent, quels hommes vigoureux, solides pour la marine du commerce ou de l'État. On n'affronte les glaces du pôle qu'à la condition d'être à l'épreuve de tous les périls, de toutes les souffrances. Ne serait-ce pas alors des hommes solides à disséminer sur nos navires de guerre et de commerce? Ils y raconteraient leurs glorieuses aventures à leurs compagnons, dont ils feraient autant d'émules, ceux qui pourraient dire dignement, noblement,

comme jadis les soldats d'Austerlitz : « Je fus de ceux qui allèrent les premiers au pôle nord planter le drapeau de la France. »

Eh bien! êtes-vous persuadés maintenant de l'utilité, de l'intérêt que peut offrir cette expédition? Mais vous en étiez déjà un peu persuadés à l'avance, puisque vous avez bien voulu entendre cette conférence, et que la question ne vous a pas rebutés. Nous allons maintenant dire ce qui a été fait et ce que nous comptons faire, par quelle cause tant de courageux chercheurs qui nous ont précédés n'ont pas réussi, et enfin quelles sont les raisons qui militent en notre faveur, et qui nous font espérer d'arriver au pôle.

Depuis le moment où les hommes ont commencé à faire ce qu'on peut appeler la conquête du petit globe qu'ils habitent, c'est-à-dire depuis le xvie siècle, depuis les premiers grands voyages de Christophe Colomb et de Vasco de Gama, ils n'ont eu qu'une idée, étendre de plus en plus cette conquête à la fois matérielle et morale, et faire de plus en plus disparaître devant eux les limites de l'inconnu. Évidemment il faut toujours quelque chose d'inconnu; on se demande ce que fera l'homme quand tout le globe lui sera révélé, quand il pourra aller en chemin de fer ou en ballon d'un bout du monde à l'autre, envoyer des dépêches aux antipodes au moyen du télégraphe. On dit qu'alors un grand ennui s'emparera de l'humanité, et qu'elle ne saura comment passer son temps.

Mais en attendant, si une chose inquiète l'homme moderne et l'entraîne, c'est le désir de connaître, c'est la curiosité de l'inconnu, c'est le besoin de persévérer toujours vers le but qui lui est caché. Dès les premiers temps des découvertes maritimes, l'homme n'eut qu'une idée, trouver les limites du grand continent américain, et découvrir quelque part, dans ce grand continent, ce que les Espagnols appelaient le secret du détroit, et ce que les Anglais, plus pratiques, nomment le passage du nord.

On se disait que quelque part, dans ces terres immenses, il devait exister une mer intérieure, communiquant d'une part avec l'Atlantique, d'autre part avec le Pacifique, et que cette mer serait le plus court passage pour aller de l'Europe dans l'Inde, au lieu d'aller doubler le cap de Bonne-Espérance, ou d'aller franchir le cap Horn et le détroit de Magellan, découvert par ce grand navigateur qui cherchait lui-même le détroit au sud, et qui le trouva, en effet, mais si loin, que la découverte en fut presque inutile.

Pendant deux siècles, de hardis pionniers, à la tête desquels se trouvent surtout des noms anglais, cherchèrent hardiment ce fameux passage sans jamais se lasser et sans jamais le rencontrer; mais ils s'avançaient toujours davantage vers le nord, et, le long du chemin, faisaient de grandes découvertes, comme Hudson, qui découvrit la mer qui porte son nom; Behring, qui découvrit le détroit auquel il a aussi laissé son nom, et qui sépare le continent asiatique du continent américain. Des noms français sont aussi attachés à ces expéditions. La Peyrouse partit pour revenir par le passage du nord, dont Louis XVI voulait favoriser la découverte. Plus tard, d'autres noms de navigateurs français figurent dans les annales de ces voyages; mais les recherches n'aboutirent pas.

Les choses en étaient là lorsqu'un marin anglais, Franklin, déjà rompu aux difficultés des voyages, et qui avait fait les guerres de l'empire, reçut de l'amirauté anglaise la mission d'aller découvrir ce passage. Il partit courageusement à cinquante-neuf ans, vers 1847; il donna une fois de ses nouvelles par un baleinier qu'il rencontra près de la côte du Groenland, par le 72e degré de latitude nord, puis on n'entendit plus parler de lui. Alors commença toute une odyssée, où l'on ne sait vraiment ce qu'il faut admirer le plus, de la persévérance héroïque de cette veuve inconsolable qui, pendant des années, envoie expédition sur expédition à la recherche de son mari, — je veux parler de lady Franklin, — ou de la ténacité et de la hardiesse indomptable de tous ces navigateurs, les Mac Clure, les Klein, et tant d'autres qui, à la poursuite de Franklin, qu'ils espèrent toujours sauver, et pour la découverte de nouvelles contrées polaires, se sacrifient dans des expéditions sans cesse arrêtées et sans cesse renaissantes.

On est heureux, au milieu de toutes ces expéditions, de trouver au moins le nom d'un Français. La France n'a envoyé officiellement personne, mais un courageux officier, Bellot, qu'un de mes amis a connu élève à l'École navale, demanda à partir avec les explorateurs anglais, fit deux expéditions, et mourut, après tant d'autres, victime de son dévouement, vous savez dans quelles circonstances malheureuses. Il fut entraîné dans une crevasse de glacier en allant porter des dépêches. Ses camarades, ne le voyant pas revenir, allèrent à sa recherche, et ne retrouvèrent plus que son bâton : le courageux enseigne avait disparu pour toujours.

Je ne peux pas retracer ici l'histoire de tous ces grands voyages maritimes entrepris pour la conquête du pôle nord. Je ne vous raconterai donc pas le voyage de ce courageux navigateur anglais, Parry, qui, en 1827, s'est approché le plus près du pôle par le Spitzberg, et qui atteignit le 82e ou 83e degré. Il n'avait plus que deux cents milles à parcourir; il avait attelé des chiens à un traîneau, et les avait lancés sur la glace. Malheureusement, à mesure que les chiens avançaient, la glace mouvante marchait aussi en sens contraire. Parry reconnut, au bout de peu de temps, qu'au lieu d'avancer, il reculait, c'est-à-dire qu'il fallait renoncer à l'expédition. Les glaces qui le portaient allaient plus vite que lui, entraînées par le courant qui descend des mers polaires.

Je ne vous raconterai pas non plus les fameux voyages de Ross, qui revint à tant de reprises vers le pôle, qui hiverna sept ans dans ce pays; déconsidéré un instant, parce que, par un effet d'optique, il avait cru voir une montagne de glace là où il y avait un passage libre, il essaya d'appeler ses concitoyens à son aide pour recommencer une expédition, et il fut heureusement soutenu par un négociant de Londres, Booth, qui lui donna généreusement 20 000 livres sterling (500 000 francs) pour son expédition.

Je ne parlerai pas non plus du voyage du docteur Kane qui a illustré les États-Unis. Ce brave docteur, déjà célèbre par tant d'expéditions, et plus illustre, quoique jeune encore, que beaucoup de vieux savants, monta vers le pôle nord comme ses prédécesseurs, et arriva à découvrir ce qu'il a si bien appelé la mer libre, ou la mer des eaux chaudes. Mais mourant de faim, ayant vu presque tous ses hommes périr avant lui, les uns par la maladie, les autres par le froid, — car on a tous les dangers possibles contre soi dans ces régions désolées, — Kane fut obligé de retourner sur ses pas. Il revint malade, et mourut à trente-quatre ans. Il avait été, lui aussi, soutenu par la générosité d'un brave négociant de New-York, Grinnel.

Grâce à toutes ces entreprises, grâce au courage déployé pour aller à la recherche de Frankin, la reconnaissance des contrées circompolaires a été poussée plus avant, de nou-

velles découvertes géographiques ont été faites, et la communication entre le Pacifique et l'Atlantique a été trouvée. Aujourd'hui il est certain qu'un canal maritime fait communiquer les deux Océans, que l'Amérique n'est qu'une île immense, limitée au nord par le canal polaire, au sud par le détroit de Magellan. Seulement ce canal n'est pas navigable : c'est là son seul inconvénient. Les glaces, les banquises, empêchent les navires de le traverser. Ce ne sera donc jamais une grande conquête commerciale, mais c'est une grande conquête géographique.

La découverte, faite par Kane, des eaux chaudes du pôle m'amène à parler du voyage de M. Lambert et des raisons qui militent en faveur de ce voyage.

Au pôle nord, on est à peu près sûr de ne pas rencontrer de glace. En effet, si vous demandez à un astronome quelle est la quantité de chaleur que verse le soleil à un moment donné sur les diverses parties de la terre, il vous dira qu'aux pôles il y a beaucoup plus de chaleur versée que dans les régions circompolaires.

En d'autres termes, la chaleur croît sur le globe à partir d'une certaine partie des régions polaires jusqu'aux pôles, si bien qu'aux pôles, à certains moments donnés, la chaleur est la même qu'à la latitude du 66e degré, c'est-à-dire à peu près à celle de Saint-Pétersbourg.

L'expérience est venue confirmer les calculs de la théorie, car Kane a découvert la mer libre vers le pôle, et, s'il n'a pu y arriver, c'est parce que son voyage touchait matériellement à sa fin. Il n'y avait plus qu'à mourir ou à s'en aller. M. Lambert lui-même a aperçu la mer libre dans le détroit de Behring, à bord d'un baleinier. M. Lambert n'est pas un homme de cabinet, ce n'est pas un chercheur en chambre ; c'est un homme qui s'est déjà approché des régions polaires. M. Lambert n'a pu dépasser le 72e degré, parce que les baleiniers avec lesquels il se trouvait ne voulaient chasser que des baleines, et se souciaient fort peu d'aller au pôle. Mais il a vu des courants descendre du pôle et entraîner ce qu'il appelle des charges de glace, c'est-à-dire des glaces flottantes très-peu élevées au-dessus de la surface de la mer. Or, du moment qu'il y a des courants qui descendent du pôle, c'est qu'il fait plus chaud au pôle que dans les régions circompolaires ; c'est absolument le même phénomène que celui qui se passe dans une cheminée où l'air chaud s'élève. Quand vous remontez un courant dans la mer, ce courant se dirige nécessairement d'un endroit chaud dans un endroit froid. Donc le pôle est libre, donc on y arrivera : j'en suis certain pour mon compte, et dans deux ans vous en aurez la preuve.

Il y a trois tracés en présence pour arriver à cette mer libre qu'on espère exister autour du pôle. Le fameux géographe de Gotha, M. Petermann, qui représente aujourd'hui la géographie allemande, — et ce n'est pas peu dire, car les géographes allemands sont les premiers du monde, — M. Petermann voudrait qu'on s'avançât vers le pôle nord en côtoyant la Norvége, et en gagnant ensuite le Spitzberg, pour de là s'avancer jusqu'à cette mer libre dont nous parlons, et que les Russes ont appelé Polynia, je ne sais trop pourquoi.

Outre les motifs scientifiques qui peuvent militer en faveur de ce projet, il a l'avantage de choisir la route la plus courte.

En ce moment même on prépare une expédition en Allemagne pour aller vers le Spitzberg, en adoptant la marche indiquée par M. Petermann. Les Anglais en préparent aussi une autre par le Groenland. De là ils gagneront le détroit de Baffin, et, par là, si les glaces ne leur barrent pas le passage dans cet étroit canal, la mer libre de Kane, qui les conduira au pôle.

Reste la France, représentée en ce moment par M. Lambert, qui se propose de faire un trajet infiniment plus long. Il traverse le détroit de Magellan, remonte tout l'océan Pacifique, et s'élève jusqu'au 72e degré de latitude nord. Là la porte de l'inconnu s'ouvre devant lui, il essaye d'arriver à la Polynia et de planter au pôle le drapeau de la France, s'il y trouve un petit coin de terre. Peut-être hivernera-t-il, restera-t-il deux ans, trois ans avant de donner de ses nouvelles, — car il n'y a pas de poste ni de télégraphe dans ces endroits-là, — et enfin il pourra recueillir des observations intéressantes.

De ces trois projets, le plus intéressant est actuellement celui de M. Lambert. Je vous ai déjà dit comment l'idée lui en était venue à bord d'un baleinier. M. Lambert est un homme assurément bien trempé pour exécuter un projet de ce genre. C'est un ancien élève de l'École polytechnique, un ingénieur-hydrographe. Il est quelque peu poëte, du moins en imagination : il faut bien qu'il en soit ainsi, quand on ose tenter une pareille aventure. Bref, c'est un homme qui, à tous les points de vue, mérite qu'on lui vienne en aide. L'Empereur, qui ne prodigue pas ses audiences, en a accordé une à M. Lambert. Il est vrai que M. Lambert s'y est pris de la bonne façon. Il a dit à l'Empereur que Ferdinand le Catholique et Isabelle assiégeant les Maures devant Grenade avaient eu le temps d'écouter Christophe Colomb qui venait leur offrir de découvrir un monde, et qu'il espérait que l'Empereur aurait, lui aussi, le temps de donner audience à un navigateur qui ne demandait qu'une chose, c'est d'aller planter le drapeau de la France au pôle nord.

L'Empereur accorda l'audience, et depuis il a souscrit pour une somme assez forte, pour 50 000 francs. Vous allez me dire : L'État devrait se charger de l'affaire. Eh bien, non ! Nous voulons la faire tout seuls, — si l'Empereur a souscrit, c'est comme simple particulier ; — nous voulons montrer que la France est capable de mener à bien des entreprises de ce genre ; nous voulons que l'honneur de l'entreprise revienne tout entier à l'initiative individuelle, et que M. Lambert n'ait rien à demander au gouvernement. Nous voulons que les 600 000 francs dont il a besoin pour son expédition soient souscrits par les Français, spontanément et sans aucune espèce de pression morale exercée par l'État. Non, le gouvernement n'invite personne à souscrire. Ainsi, vous êtes venus ici parce que vous l'avez bien voulu ; vous n'y êtes pas venus aussi nombreux que les sables de la mer, mais vous y êtes venus tous pleins de bonne volonté. Je vous en remercie en mon nom et au nom de M. Lambert. Et je suis certain que vous applaudirez comme moi à l'idée si généreuse de ce brave citoyen ; que vous appellerez comme moi de tous vos vœux le jour où l'expédition aura réussi, où une gloire nouvelle sera ajoutée à nos gloires, où aux noms illustres de d'Entrecasteaux, de Bougainville, de la Peyrouse, de Duperré et de tant d'autres, s'adjoindra un nouveau nom. Que ce soit celui de M. Lambert ou celui d'un autre Français, il importe peu ; ce que je demande, je suis sûr que vous le demandez avec moi : c'est que le drapeau de la France soit le premier qui flotte au pôle nord.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 5 — 4 JANVIER 1868

UNIVERSITÉ DE GLASGOW.

SIR W. THOMSON
(de la Société royale de Londres).

Le Télégraphe transatlantique : les appareils électriques.

Je ne chercherai pas, dans cette leçon, à vous faire un historique du télégraphe transatlantique. Les récits éloquents et pittoresques publiés dans les journaux d'après les relations du docteur Russell et de M. Deane, les travaux qui ont été faits par le docteur Henry Field, le docteur Russell et M. Bacon, et l'article de sir David Brewster, qui a paru dans la *Revue du nord de la Grande-Bretagne* en octobre 1858, contiennent d'importants renseignements, d'après lesquels on pourrait faire un historique complet de l'entreprise, à partir de son origine. Je me bornerai à vous expliquer quelques-unes des circonstances les plus intéressantes, au point de vue électrique, qui se lient à la pose du télégraphe transatlantique. Les limites que je me suis imposées m'empêchent de vous parler en détail des conditions électriques que doit remplir le câble pour être convenablement établi, ainsi que des essais que l'on doit lui faire subir pendant sa fabrication et sa submersion, pour que ces conditions se trouvent remplies une fois que le câble est posé. Je ne m'étendrai pas non plus sur les moyens mécaniques employés pour poser et soulever les câbles transatlantiques (1). Les personnes qui désireraient avoir des renseignements pratiques à ce sujet pourront consulter avec avantage un excellent article qui a paru en décembre 1866, dans la *Revue du nord de la Grande-Bretagne*.

Dans toute espèce de télégraphe électrique, long ou court, aérien ou sous-marin, un signal est envoyé d'une des extrémités, en lançant le courant électrique à travers un fil métallique isolé, de façon qu'il produise à l'autre extrémité un effet matériel qui puisse être perçu par la personne chargée de recevoir les communications. Cet effet peut s'exercer sur l'organisme même de cette dernière, et être apprécié par la secousse qu'elle ressent au moyen de son sens électrique.

Les métaphysiciens et les physiologistes ont été longtemps à ajouter un nouveau sens aux cinq que l'on distingue généralement ; aujourd'hui ils nous donnent un sens pour la chaleur, et en outre un sens pour la résistance, ces deux derniers étant renfermés dans ce que l'on appelle généralement le sens du toucher. Mais ils ne donnent pas encore de nom à la sensation produite dans le corps humain par un courant électrique.

Ceux qui en auraient le désir peuvent, avec les dispositions instrumentales les moins compliquées, faire un télégraphe électrique, au moyen duquel une personne peut parler, à l'aide de ses mains, à une autre, qui recevra le message sur sa langue, dans la chambre la plus éloignée d'une vaste maison. Prenez deux fils métalliques d'un diamètre convenable et posez-les d'une station à une autre, en prenant soin qu'ils ne se touchent pas l'un l'autre, et qu'ils ne soient en communication ni avec un autre métal, ni avec un corps humide ; puis, soudez une demi-couronne et une pièce de zinc de même forme aux extrémités du fil télégraphique, à la station de réception ; enfin, que la personne placée à cette station place les deux disques de métal à côté l'un de l'autre sur sa langue, mais de façon qu'ils ne se touchent pas. L'expéditeur, dans l'autre chambre, tient les deux extrémités des fils dans ses mains, et tour à tour les réunit et les sépare. S'il veut transmettre la lettre A, il établit le contact pendant un temps très-court, et, immédiatement après, il établit un second contact d'une durée deux ou trois fois plus grande ; pour la lettre B, il établira un contact assez long et trois contacts courts se succédant rapidement ; pour la lettre C, un long, un court, un long, un court ; pour la lettre D, un long et deux courts ; pour la lettre E, un seul contact très-court, et ainsi de suite. Chaque fois qu'un contact est établi par l'expéditeur, la personne placée à la station de réception éprouve une sensation particulière, principalement sur la partie de la langue qui est touchée par la plaque de zinc, comme si le métal, primitivement insipide, avait pris tout à coup un goût caustique. Par cette sensation, elle apprend quelles sont les lettres qui lui sont transmises à travers les fils, et, avec un peu de pratique, elle peut facilement lire de longs messages. Une personne non habituée serait, cependant, exposée à se tromper, à cause de la succession rapide de ces variations de goût, et ne pourrait recevoir de messages d'une longueur un peu considérable que s'ils étaient transmis très-lentement. Il est impossible de fixer, sans des essais préalables, le degré d'habileté que l'on peut acquérir par une pratique continuelle. Mais j'ai constaté qu'en fait de *sensibilité*, la langue surpasse de beaucoup tous les récepteurs en usage dans notre service télégraphique terrestre. J'ai également constaté que les signaux, faits comme nous l'avons dit, peuvent être perçus à travers une longueur de fil aussi grande que celle d'un de nos câbles atlantiques. Je dois à la bienveillante permission de M. Tansley, surintendant du télégraphe magnétique anglo-irlandais à Glasgow, d'avoir pu constater, avec la langue, des signaux

(1) Voyez plus loin, page 00, la lecture de M. W. Thomson à la Société royale d'Édimbourg.

envoyés de Newcastle, Belfast, Greenock et autres villes éloignées, lorsque les courants étaient trop faibles pour faire mouvoir d'une manière appréciable les appareils ordinaires de la station. Dans ces derniers essais, la disposition ordinaire des télégraphes (que nous décrirons plus loin) était conservée; seulement on substituait la langue, sur laquelle on plaçait deux demi-couronnes, au récepteur, instrument placé dans le circuit entre le « fil de ligne » et « la terre ».

Il est presque inutile de vous dire qu'aucun appareil télégraphique ordinaire n'est construit sur le plan dont nous venons de parler. Le résultat physiologique paraît avoir été décrit, pour la première fois, par Sülzer, professeur de mathématiques en Allemagne, dans un ouvrage qui date de la fin du siècle dernier, et qui est intitulé : *Théorie générale des beaux-arts*. C'est à Galvani et à Volta que l'on doit la preuve bien nette que c'est un effet constant des courants électriques. La langue, avec les deux métaux différents qui la touchent, constitue ce que l'on appelle un élément voltaïque ou galvanique, et, sauf la disposition du récepteur et quelques autres détails que j'expliquerai tout à l'heure, le système concorde parfaitement avec celui de beaucoup de nos télégraphes employés dans les différents quartiers de Londres, et dans quelques lignes plus longues, en Amérique, sur lesquelles on emploie la pile seulement à l'une des stations en communication, et « l'alphabet de Morse » pour transmettre les dépêches. Volta, Davy et Faraday ont expliqué l'action électrique qui se produisait dans ce cas. L'eau est composée chimiquement d'oxygène et d'hydrogène, c'est-à-dire, suivant toutes probabilités, qu'elle est formée de groupes de molécules de ces substances fortement condensées, liées les unes aux autres par des attractions mutuelles très-énergiques. Quand deux métaux, tels que le zinc et l'argent, y sont plongés, ou quand ils sont posés sur un corps humide poreux (1), tel que la langue, et rattachés à un autre par un fil électrique, l'eau est décomposée, parce que la plaque de zinc, dans ces circonstances, exerce une puissance attractive très-énergique sur l'oxygène et détruit la combinaison de ce dernier avec l'hydrogène. Les molécules d'hydrogène mises en liberté apparaissent en bulles de gaz sur la plaque d'argent, tandis que les molécules d'oxygène se portent sur le zinc. Les deux éléments constitutifs de l'eau se trouvent, pendant leur union, dans des états électriques opposés, l'hydrogène étant « positif » et l'oxygène « négatif », et quand ils sont séparés, l'hydrogène emporte avec lui son électricité positive et l'oxygène son électricité négative. Il se produit alors un courant d'électricité, appelée électricité positive, du liquide sur la plaque d'argent, et du fil métallique qu'il traverse entièrement à la plaque de zinc, où il rencontre et neutralise l'électricité négative, qui y est continuellement apportée par l'oxygène, qui s'y combine avec le zinc. On peut regarder comme probable qu'il y a là un fluide électrique véritable, et que ce fluide passe réellement à travers le fil; mais, dans l'état actuel de la science électrique, nous ne pouvons pas dire, ou même conjecturer, sans risquer de nous tromper, si la véritable électricité positive est celle que l'on appelle ordinairement ainsi, ou si elle ne peut pas être, au contraire, celle qui est portée par l'oxygène sur le zinc. Mais, après vous avoir ainsi prévenus, je me conformerai à l'usage ordinaire, et je regarderai le courant électrique comme circulant dans la direction eau, — argent, — fil de communication, — zinc, — eau.

On peut substituer d'autres métaux à ceux dont nous avons parlé. Ainsi, le platine et l'or remplacent l'argent avec avantage, et le cuivre, quoique n'étant pas aussi bon, a souvent été employé à cause de son bas prix. Mais, quant à la plaque positive, on n'a trouvé aucun métal qui réunît toutes les conditions convenables mieux que le zinc.

Une amélioration considérable fut cependant apportée par feu M. le professeur Daniell. Il séparait les deux liquides l'un de l'autre par un diaphragme humide poreux; dans l'un des compartiments, il plongeait la plaque de zinc, et dans l'autre la plaque négative, qui dans son appareil est toujours de cuivre. Le liquide qui baignait le zinc était le même que celui qui servait dans les piles antérieures, c'est-à-dire généralement de l'eau pure ou de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique; quant à la plaque de cuivre, elle était plongée dans une solution de sulfate de cuivre (vitriol bleu) maintenue constamment saturée au moyen de cristaux de sulfate de cuivre placés dans une auge qui plonge elle-même dans la dissolution. Tant que cette pile est en action, du cuivre métallique se dépose sur la plaque de cuivre par suite de la décomposition du sulfate de cuivre. Il n'y a pas d'hydrogène dégagé, parce que le dépôt de cuivre métallique s'opère au lieu de ce dégagement de gaz, dans le système des actions et réactions chimiques qui se passent; et ainsi ces variations de puissance, qui sont si incommodes quand on se sert de l'élément voltaïque ordinaire, disparaissent complétement. Voici un croquis représentant une forme simplifiée de la pile de Daniell, dont on s'est servi, pour la première fois, en 1858, spécialement pour le service de la mer, quand on s'occupait de poser le câble atlantique, et qui est devenue depuis d'un usage très-général dans les appareils télégraphiques. On y remplace par de la

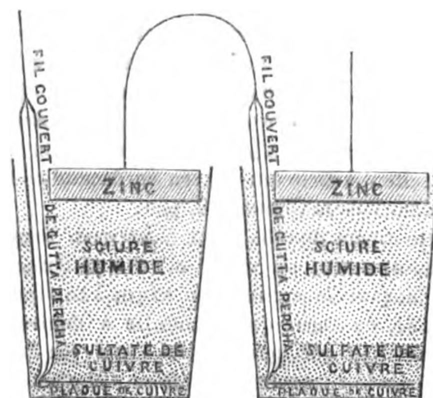


FIG. 7. — Pile de Daniell simplifiée, employée par le télégraphe transatlantique.

sciure le diaphragme poreux qui sépare la solution de sulfate de cuivre de la plaque de zinc. La sciure forme une sorte de support sur lequel on place cette plaque qui empêche en même temps le liquide de s'écouler au dehors, de sorte que l'on a ainsi une pile très-portative et très-commode pour l'usage à la mer. On prend ensuite un grand verre à boire de verre commun, au fond duquel on place une plaque de cuivre, et au-dessus, des cristaux de sulfate de cuivre; puis on

(1) J'ai à peine besoin de dire que la peau, les muscles, les vaisseaux sanguins et les nerfs, dans le corps vivant, sont tous poreux et complétement perméables aux fluides aqueux. En général, les solides provenant de l'économie animale ou végétale, et qui ne vivent plus, ne sont pas conducteurs de l'électricité quand on les a complétement desséchés.

le remplit de sciure, sur la partie supérieure de laquelle on pose une plaque de zinc; enfin, on verse de l'eau pure sur le tout, et l'on a un élément galvanique très-convenable pour l'emploi que l'on veut en faire.

Un pareil élément donne, à travers un câble atlantique, un courant permanent assez fort pour produire, dans les galvanomètres à miroir les plus sensibles, une déviation de plusieurs centaines de fois la valeur des signaux qui servent habituellement aux messages. Plusieurs de ces piles à sciure de Daniell, comme on les a appelées, peuvent être mises en communication les unes avec les autres, comme le montre la *figure* 7, par une disposition analogue à celle de la pile en couronne, quand on désire obtenir un courant plus énergique. Alors, si l'on en emploie quatre pour transmettre les signaux à la langue par deux pièces d'argent ou d'or posées sur elle, un éclair semble briller devant les yeux au moment où le circuit est fermé, et tant que le courant passe, on perçoit sur la langue un goût fortement âcre. De plus, un nouvel éclair passe encore devant les yeux au moment où le circuit est rompu. Une surface plus large de zinc et de cuivre augmente la quantité d'électricité, en offrant un plus libre passage à l'électricité à travers le compartiment même, et diminuant ainsi la résistance à la circulation du courant. Vingt vases, disposés comme nous l'avons dit, et représentés par une série de quatre seulement dans la figure 8, page , mais qui sont faits de gutta-percha au lieu d'être de grands verres ordinaires, constituent la pile avec laquelle la communication télégraphique entre l'Europe et l'Amérique a été établie dans l'année 1866. Avant de décrire les dispositions dont on s'est servi, je dois dire quelques mots de la grande découverte de l'électro-magnétisme par Œrsted, naturaliste et physicien danois, car les instruments de réception de chaque télégraphe électrique qui ont toujours eu le plus grand succès en pratique sont une application de cette importante découverte.

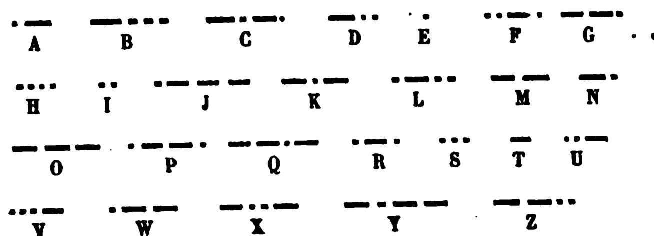
Beaucoup des plus éminents physiciens du siècle dernier avaient cherché à découvrir les rapports qui pouvaient exister entre l'électricité et le magnétisme; et leurs efforts, dans ce but, étaient stimulés par les récompenses et les prix offerts par les sociétés savantes des différents pays. Œrsted, après des essais tentés pendant plusieurs années, réussit à obtenir, en 1819, le résultat désiré depuis si longtemps. Il trouva qu'une aiguille aimantée horizontale, assujettie à se mouvoir autour de son centre de gravité, placée dans le voisinage d'un fil traversé par un courant électrique, prend une direction qui serait rigoureusement perpendiculaire au fil, si aucune autre action magnétique ou électro-magnétique ne s'exerçait sur elle; l'extrémité ou pôle de l'aiguille qui a la même action magnétique que les régions boréales de la terre, et qui est par conséquent appelé pour cette raison le pôle magnétique nord (quoique généralement désigné par un S par les fabricants anglais), est dévié vers le sud si la direction du courant va de l'*est* à l'*ouest*, le fil étant placé au-dessous de l'aiguille, et de l'*ouest* à l'*est* si le fil est placé au-dessus. Et si l'aiguille ainsi que le fil parcouru par le courant restent dans une position fixe, tandis que la direction du courant est renversée, l'aiguille se trouve déviée de la même quantité dans la direction opposée. La valeur de la force électro-magnétique qui fait dévier l'aiguille aimantée de sa position d'équilibre, et qui est produite par un courant de même intensité, peut être considérablement augmentée en faisant faire au fil un grand nombre de tours, de façon que le courant circule dans une direction déterminée, soit au-dessous, soit au-dessus de l'aiguille.

Pour faire une application des considérations précédentes, les fabricants d'instruments de physique se servent de fils métalliques recouverts de soie; seulement ils emploient, de préférence aux fils de fer, les fils de cuivre, qui sont cinq ou six fois meilleurs conducteurs de l'électricité. Les fils de cuivre recouverts de soie peuvent être enroulés de façon à constituer, avec les aiguilles aimantées placées sous leur influence, ce que l'on appelle un galvanomètre, c'est-à-dire un instrument destiné à mesurer l'intensité de l'action galvanique, ou l'intensité d'un courant électrique continu. La soie qui recouvre les fils sert essentiellement à isoler leurs différents tours les uns des autres, et à empêcher le courant de prendre le chemin le plus court en le forçant de parcourir tout le circuit et de passer à travers chacun des tours du fil. L'aiguille de déclinaison ordinaire, ou bien encore l'aiguille aimantée attachée à un fil fin ou simplement à un fil de soie, restait toujours horizontale et était libre de tourner autour d'un axe vertical. Quand aucun courant électrique ne passe, l'aiguille prend une position déterminée, soit en vertu du magnétisme terrestre, soit à cause de l'action des objets d'acier aimantés placés dans le voisinage. Quand le courant passe à travers le circuit, l'aiguille est déviée d'un grand ou d'un petit angle, suivant que le courant est plus ou moins énergique, et dans une direction ou dans une autre, selon que le courant parcourt le fil dans un sens ou dans l'autre.

La découverte par Œrsted de cette grande loi physique, et les travaux subséquents d'Ampère, de Siebeck, de Cumming et de Faraday nous eurent bientôt fourni une ample moisson de connaissances; et depuis vingt ans on cherchait à en faire des applications pratiques à la télégraphie électrique. Dans toutes les espèces de télégraphes électriques qui ont réussi dans la pratique, la vertu magnétique possédée par un fil métallique pendant qu'un courant d'électricité le traverse est employée, à faire naître dans le récepteur des mouvements qui puissent produire des effets visibles. Dans les formes de télégraphes les plus simples, ces mouvements servent directement à la lecture des messages, comme cela a lieu dans les télégraphes dits télégraphes à aiguille, si employés sur nos lignes de chemins de fer; quelquefois aussi, comme dans un des télégraphes les plus anciens, celui de Steinheil, et dans le système généralement adopté maintenant par la compagnie du télégraphe anglo-irlandais, le mouvement directement produit par la force électro-magnétique du courant fait (à l'aide d'un « relais » que nous décrirons plus loin) frapper un timbre ou un autre, suivant que le courant traverse le fil dans un sens ou dans l'autre. Ou bien encore, comme dans les télégraphes de Morse et de Bain, les courants sont envoyés dans une direction unique, mais les signaux sont variables suivant qu'on leur donne une durée plus courte ou plus longue. Dans le système de Morse, un long ruban de papier reçoit un mouvement uniforme à l'aide de deux cylindres rugueux entre lesquels il est serré et qui tournent par un mécanisme d'horlogerie; il se couvre de marques plus longues ou plus courtes au moyen d'une pointe mousse qui vient s'appuyer sur lui, suivant que l'action du courant qui parcourt le fil télégraphique est elle-même plus longue ou plus courte. On a imaginé différentes formes de signaux tracés au moyen de l'encre, et quelques-unes ont pris récemment une extension assez considérable. Cette modification, introduite dans le

télégraphe primitif de Morse, est très-avantageuse : la dépêche est toujours lisible, et en outre la dépense de force électro-magnétique nécessaire pour l'encrage est incomparablement moindre que celle qu'exigeait le gaufrage du papier.

L'alphabet de Morse imprimé sur une longue bande étroite de papier, par un des instruments enregistreurs, est composé des signes suivants :



Un système dans lequel l'alphabet se compose de deux signes différents, sous l'influence de l'électricité tantôt positive, tantôt négative, est appelé système Steinheil, d'après le nom de son inventeur. L'alphabet de Steinheil, plus communément employé dans les télégraphes ordinaires, est lettre pour lettre le même que celui de Morse, mais avec des courants positifs produisant une déviation à droite dans le récepteur, au lieu d'un point, et avec des courants négatifs aussi courts, produisant une déviation à gauche au lieu du trait de l'alphabet de Morse.

Dans le système de Bain, dont on se sert sur quelques lignes, les signes et le ruban de papier qui les reçoit sont disposés comme dans le système de Morse. Le ruban de papier est mouillé avec une solution de noix de galle ou de ferrocyanure de potassium, et un style d'acier fixe, ou bien un ressort, le presse contre un cylindre métallique qui tourne sous l'action d'un mouvement d'horlogerie. Tant qu'un courant électrique passe du style à travers le papier sur le cylindre métallique, ce style perd une très-petite quantité de fer qui, se combinant avec la préparation chimique humide qui se trouve sur le papier, donne un précipité d'encre ou de bleu de Prusse qui laisse une trace sur le papier.

Mais les courants électriques employés pour écrire les signes, soit par l'électro-magnétisme, soit par l'électro-chimie, ne sont pas produits dans une longue ligne télégraphique par le courant qui passe à travers le fil de ligne. Ce courant communique à un aimant un mouvement à peine visible, sous l'influence de l'action électro-magnétique découverte par Œrsted. Ces petits mouvements servent à fermer et à rompre le courant d'une pile spéciale disposée de façon à faire mouvoir l'appareil enregistreur à la station de réception, et qui est indépendante de la pile employée pour faire passer le courant dans le fil de ligne. Un instrument de réception de ce genre s'appelle un relais, qui lance dans le récepteur le courant d'une pile locale précisément à l'instant où le courant de la station opposée est lui-même lancé dans la ligne. Le relais, mis en communication avec l'appareil enregistreur dont on se sert, avait jusqu'ici été employé dans toutes les grandes lignes sous-marines, jusqu'à ce qu'un mode différent pour la réception des messages ait été introduit dans les appareils du câble atlantique. Pour bien vous faire saisir les raisons qui ont fait préférer cette nouvelle disposition, je vais vous en exposer brièvement les principes.

Dès 1849, c'est-à-dire plus de dix ans après l'établissement des télégraphes électriques, un principe alors nouveau dans le monde scientifique fut indiqué par le docteur Werner Siemens (de Berlin), et c'est à l'aide de ce principe important que l'on a trouvé depuis que les longs fils sous-marins perdent rapidement leur action, telle qu'elle était connue jusqu'à ce jour dans les télégraphes électriques. Les recherches expérimentales et mathématiques qui ont été faites depuis à ce sujet par différents savants me permettent d'expliquer la résistance comparative d'un long télégraphe sous-marin par une analogie qui, quoique en apparence grossière et purement mécanique, est inspirée par les rapports plus intimes, et les propriétés de l'électricité et des spéculations relatives à sa nature et à son mode d'action que nous a apprises Faraday. Un télégraphe destiné à agir sous l'eau, qui a été quelquefois employé sur une petite échelle, consiste en un petit tube métallique plein d'eau et communiquant à chaque extrémité avec un cylindre court fermé par un piston. Si, à une extrémité (à la station d'envoi), le piston est poussé en avant d'une petite quantité dans son cylindre, le piston, à l'autre extrémité, marchera en dehors de la même quantité, et si le premier est retiré en arrière, l'autre piston reviendra aussi à sa position primitive. Les lettres et les mots peuvent naturellement être envoyés et être lus par les combinaisons spéciales de pareils signes. Si le vase métallique était parfaitement rigide et l'eau incompressible, les signes seraient absolument définis. Chaque mouvement, si petit qu'il soit, du piston à une extrémité, produirait exactement au même instant précisément un mouvement égal du piston à l'autre extrémité. Mais si, au lieu d'être formé d'une matière absolument rigide (ce qui n'existe pas dans la nature), ou d'un métal très-rigide, comme le fer, le tube était formé d'une matière capable de céder facilement, mais pourtant douée d'une certaine élasticité, comme le caoutchouc, il se gonflerait, si le piston était poussé en avant à une extrémité, sous l'influence de la pression qui augmente à cette extrémité, parce que l'eau a été lancée en avant dans le tube, et il prendrait un diamètre plus petit que son diamètre ordinaire quand l'eau est aspirée, effet qui a lieu quand le piston est retiré en arrière. Et alors un temps considérable — qui serait de quelques secondes, de quelques minutes ou de quelques heures, suivant les circonstances — s'écoulerait avant que le piston à la station de réception parcoure un espace sensible.

Non-seulement les caractères généraux du résultat, mais encore la loi mathématique de l'action totale, seront précisément les mêmes que ceux d'un câble sous-marin, si nous supposons que le mouvement de l'eau à travers le tube soit empêché par une matière poreuse, comme de petits fragments de caoutchouc disséminés uniformément dans toute sa longueur, et doués d'assez d'élasticité pour forcer le tube à s'élargir et le remplir, ou pour céder à la pression des parois du tube quand il se contracte. Le phénomène observé par Siemens, « de la charge électrique le long d'une ligne télégraphique », est représenté ici par les gonflements et les contractions du tube de caoutchouc.

Le fil de cuivre du câble sous-marin qui se laisse traverser par le courant électrique, non sans opposer une certaine résistance, est représenté par les espaces creux du tube occupés par la matière poreuse qui remplit le tube, et s'oppose au courant de l'eau, sans toutefois l'empêcher complétement. La loi de cette résistance est identique avec la célèbre loi de Ohm sur la résistance que présentent les fils métalliques aux courants électriques.

La charge électrique sur le conducteur du câble, sous l'influence de la pression électrique, comme nous l'appellerons pour le moment (ou différence de potentiels, comme le monde scientifique a appris à l'appeler, d'après Georges Green, le fils d'un meunier de Nottingham, longtemps après sa mort), est d'autant plus faible que la gutta-percha est plus épaisse ; de même qu'un tube de caoutchouc sera d'autant moins déformé par la pression qu'il sera plus épais. Une seule et même loi mathématique s'applique aux deux phénomènes, en énonçant dans un cas le rapport qui existe entre l'épaisseur et la rigidité pratique, et dans l'autre la petitesse de la charge électrique.

Si maintenant, au lieu de notre tube de caoutchouc, nous transformons toute l'atmosphère terrestre en une substance élastique incompressible, et si nous perçons à travers elle un trou profond, ou un long tuyau, à la place du fil télégraphique, la position du long fil de ligne ordinaire, tendu dans l'air, sera représentée, au point de vue mécanique, avec une grande exactitude. L'énorme masse solide qui entoure le tuyau céderait sous des pressions bien moindres que celles qu'il faudrait employer dans un tube de caoutchouc de dimensions comparables à celles de la gutta-percha dans un câble sous-marin, et les signaux seraient par conséquent plus forts et plus rapides. Il y a en réalité gain additionnel de force dans le télégraphe aérien, en vertu d'une découverte des plus remarquables et des plus intéressantes faite par Faraday, de ce que l'on appelle « la capacité spécifique d'induction » des substances isolantes. La capacité spécifique d'induction de la gutta-percha est de deux à trois fois plus grande que celle de l'air, d'après les mesures faites par M. F. Jenkin. Alors, en continuant notre comparaison, le solide élastique prenant la place de l'air doit être spécifiquement deux ou trois fois aussi rigide que le corps que nous supposons substitué à la gutta-percha d'un câble sous-marin, pour donner une valeur exacte des rapports de vitesse qui existent dans les télégraphes aériens et dans les lignes sous-marines.

Comme la pile galvanique est une machine excellente pour conserver, par les actions chimiques en nombre presque infini qui se passent à son intérieur, un courant continu d'électricité à travers le circuit dont elle forme une partie, et que le galvanomètre est un instrument destiné à mesurer l'intensité du courant électrique à chaque instant, les deux pistons ne fournissent pas une parfaite analogie avec la pile située à la station d'envoi, ni le galvanomètre avec le récepteur qui reçoit les messages.

Mais il est intéressant de remarquer que le piston qui sert à envoyer les signaux par l'intermédiaire de l'eau représente une analogie scientifique parfaite avec les appareils, quand on suppose qu'on y ajoute le condensateur de M. Varley, dont nous donnerons la description plus loin : et le piston destiné à recevoir et à indiquer les signaux est analogue à un électromètre, c'est-à-dire à un instrument destiné à mesurer les potentiels électriques, qui peut être substitué, mais sans aucun avantage, pour mesurer le courant, au galvanomètre ou appareil destiné à mesurer l'intensité du courant. Néanmoins la loi mathématique à laquelle sont soumis les mouvements du piston à une extrémité, et qui dépendent de ceux du piston situé à l'autre extrémité, est identique avec celle que suit le courant électrique à l'extrémité de réception du fil télégraphique sous-marin, quand la pile galvanique est tout à coup appliquée à l'autre extrémité.

Le croquis que je mets sous vos yeux représente la disposition la plus simple du manipulateur et du récepteur d'une ligne quelconque de télégraphe électrique construite d'après le système de Steinheil, et en particulier celle du télégraphe transatlantique (fig. 8).

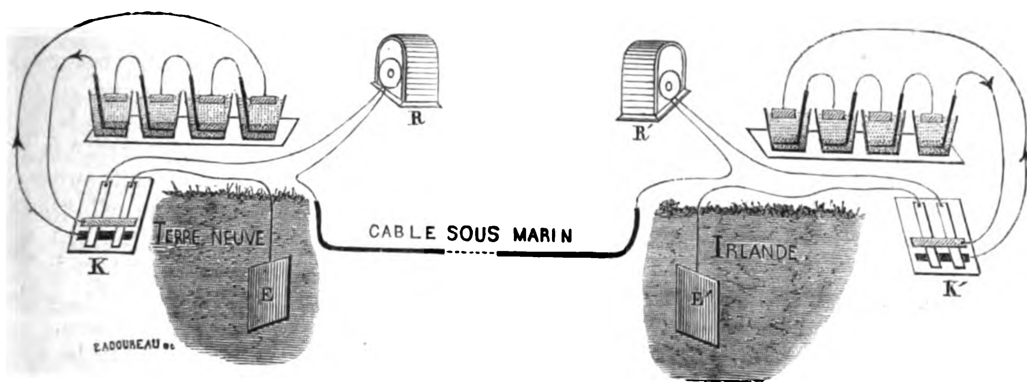


Fig. 8. — Disposition générale des appareils manipulateurs et récepteurs du télégraphe transatlantique.

Les leviers-clefs (K K') avec la pile constituent le manipulateur ; les récepteurs sont représentés par les appareils indiqués par les lettres R R' dans la figure. Chaque clef est formée de deux ressorts métalliques qui pressent sur une barre métallique fixe. Des fils reliés à ces appareils, comme l'indique le croquis, conservent la communication métallique entre le fil de ligne et la plaque qui se trouve dans le sol, à moins qu'une des clefs ne soit détendue par la main de l'opérateur. Ceci fait, on lance dans la ligne un courant positif ou négatif, suivant que c'est l'un des ressorts ou l'autre qui est détendu. Mais avant de commencer à envoyer un message, on place son propre instrument de réception en dehors du circuit, par un simple mouvement d'une pièce de métal qui n'est pas représentée dans le croquis. Si l'on emploie le système de Morse, il suffit d'un seul ressort dans les clefs situées aux deux extrémités, au lieu des deux qui sont figurés dans le dessin.

L'explication précédente fera comprendre sans peine que si le mouvement de l'aimant mobile du récepteur est, comme dans un relais, limité par des arrêts à de très-faibles excursions, et si les signes à l'aide desquels on transmet le message sont des déviations, l'appareil fonctionnera avec une grande lenteur dans le cas d'un fil sous-marin présentant une

grande longueur. Mais si, d'un autre côté, le récepteur montre effectivement, par la grandeur de la déviation de l'aiguille, la force réelle du courant, l'effet subit que l'on produit en abaissant le ressort d'une des clefs, ou en lui permettant de se relever, sera perceptible, quoique la grande déviation variable indique un courant d'électricité restant dans la ligne des précédents signaux.

C'est pour cette raison que le galvanomètre télégraphique à miroir (fig. 9) fut inventé, il y a environ huit ans. Il est formé

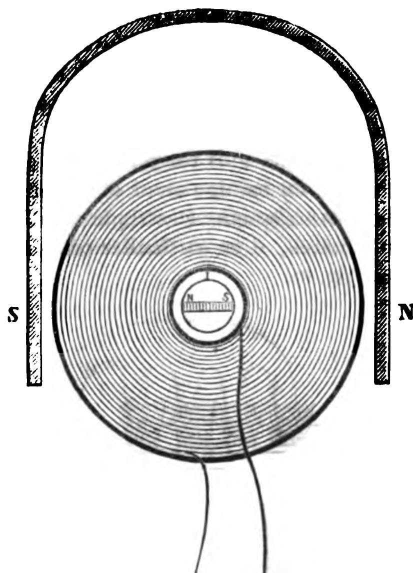


Fig. 9. — Galvanomètre télégraphique à miroir.

d'un miroir bien éclairé, portant un aimant fixé à sa partie postérieure, suspendu par un seul fil de soie tel qu'il sort du cocon, dans le fond creux d'une bobine, et enroulé autour d'un fil de cuivre recouvert de soie.

Les accessoires consistent simplement en une lampe et un écran convenable (une échelle tracée sur du papier blanc) destiné à recevoir une image de la flamme réfléchie par le miroir. Le miroir peut être légèrement concave ; et s'il en est ainsi, il fait de lui-même converger les rayons en un foyer qui se peint sur l'écran. Ou bien, si le miroir est plan, on dispose en avant de celui-ci une lentille convexe à travers laquelle la lumière passe et repasse, et qui produit le même effet. De cette façon, un observateur voit, pour ainsi dire, une image retournée de la flamme traversant librement l'échelle, et montrant des déviations excessivement petites du miroir par des mouvements très-étendus que l'on peut suivre aisément et prendre pour signaux.

Le miroir a un diamètre d'un peu plus de 8 millimètres, et il pèse 22 milligrammes (c'est-à-dire, environ la moitié du diamètre d'une pièce de trois pence, et environ un sixième de son poids). L'aimant fixé à la face postérieure du miroir a environ le même poids que le miroir, de sorte que la masse mobile tout entière qui est suspendue au fil de soie pèse un peu moins de 50 milligrammes. Un barreau magnétique fortement aimanté, fixé à l'extérieur de la bobine, force l'aimant suspendu à retourner avec une extrême rapidité à sa position d'équilibre, quand la force qui l'a fait dévier cesse d'agir. Cet instrument peut être employé soit pour transmettre les signaux de Morse, soit pour transmettre ceux de Steinheil. Pour le système de Morse, un point est indiqué par une excursion dans une direction, avec un retour rapide de l'aiguille aimantée à sa position d'équilibre. Un trait est indiqué par une excursion dans la même direction, commençant avec une égale rapidité, mais continuant avec une vitesse décroissante pendant un temps plus long avant que le mouvement rétrograde devienne sensible. Tel était le système employé pour la transmission des messages au travers du câble de 1858.

Le système de Steinheil, qui, toutes choses égales d'ailleurs, comporte une plus grande rapidité que celui de Morse, puisqu'on n'a pas besoin de tracer de traits, a été employé jusqu'ici dans les appareils du câble de 1866. Le courant positif porte l'image lumineuse sur la droite, et, après cette déviation, elle commence à revenir lentement; mais, avant qu'elle soit revenue à un dixième de la distance à sa position d'équilibre ou au zéro, un second signal positif peut suivre le premier, et lui communiquer une seconde impulsion un peu plus grande sur la droite ; puis un troisième peut donner immédiatement après une troisième impulsion sur la droite. Si, après cela, l'image revient au zéro sans nouvelle perturbation, le lecteur comprendra qu'on a voulu transmettre la lettre *s* (*r r r*).

Mais si elle commence alors à aller beaucoup plus loin sur la gauche, et qu'elle revienne ensuite au zéro, le lecteur comprendra qu'on a voulu transmettre la lettre *v* (*r r r g*). Ainsi, dans un cas, trois courants positifs à la station d'envoi, et dans l'autre trois courants positifs suivis par un négatif, sont facilement interprétés par un œil exercé, quand bien même l'image lumineuse ne retourne pas au zéro après sa première déviation. Tout ce qu'aurait pu indiquer un relais, dans un pareil cas, aurait été le premier contact de l'aimant mobile avec l'arrêt limitant son excursion.

Le plan sur lequel ont été construits les appareils qui doivent servir à transmettre les signaux dans le câble de 1866 diffère de celui qui est représenté dans le croquis précédent, en ce que M. Varley a introduit, à une extrémité de la ligne, un condensateur qui permet d'opérer avec une rapidité beaucoup plus grande. Le mot *condensateur* a longtemps été employé par les électriciens pour désigner une disposition analogue à celle d'une batterie électrique très-puissante. Une des armatures de cette batterie est mise en communication directe avec le conducteur du câble. L'autre est jointe au commutateur de la station d'envoi, ou au récepteur, suivant que le message est envoyé de la station où se trouve le condensateur, ou doit y être reçu. Pour essayer d'expliquer le principe sur lequel repose cette importante application, qui diminue considérablement les embarras expérimentaux qu'il faut vaincre dans la disposition des appareils qui doivent servir à un câble sous-marin, il me faudrait entrer dans des détails circonstanciés qui sortiraient du cadre de l'exposition succincte que j'ai eu l'intention de faire devant vous (1).

Par les dispositions très-simples que j'ai décrites tout à l'heure, et entre les mains d'opérateurs habiles et exercés, on a pu arriver à transmettre, à travers le câble de 1866, de trente à quarante mots par minute, dix jours après son achèvement, avant même que le *Great-Eastern* ait laissé le *Contentement du cœur* rechercher le câble perdu de 1865. Il est

(1) Voyez la conférence de M. Varley sur le télégraphe transatlantique, qui paraîtra dans notre prochain numéro.

tout à fait certain que dès qu'une vitesse plus grande est demandée pour le service public, cette vitesse plus grande peut être obtenue avec la plus grande facilité, au moyen des manipulateurs construits pour mettre à exécution les méthodes que la théorie mathématique a depuis longtemps indiquées dans la disposition de la pile située à l'une des extrémités pour produire à l'autre l'effet le plus énergique et le plus court possible.

On se demande souvent : « Quelle est la vitesse de l'électricité ? » ou en langage plus familier : « Combien l'électricité met-*elle* de temps pour traverser l'océan Atlantique ? » En *réalité*, nous ne connaissons pas de *limite* à la vitesse de l'électricité. En 1834, le professeur Wheatstone trouva que l'effet d'une impulsion électrique dans un circuit de fil de cuivre sur lequel il expérimentait, produisait une étincelle avec une rapidité si grande dans une partie éloignée du circuit, que le courant devait avoir traversé le fil avec une vitesse une fois et demie plus grande que celle de la lumière ; ce qui correspondrait à un espace parcouru de 250 000 milles marins (463 000 kilomètres, ou un peu moins de douze fois le tour de notre globe) en une seconde.

De cette façon, le premier effet d'une impulsion électrique arriverait à l'extrémité éloignée de 1850 milles marins d'un câble atlantique en 7 ou 8 millièmes de seconde, ou un peu moins d'un centième de seconde. Suivant toutes probabilités, un effet électrique réel arrive à l'extrémité éloignée du câble avec une rapidité aussi incroyable que celle dont nous venons de parler. Mais la théorie mathématique prouve qu'après avoir mis la pile en communication avec l'une des extrémités du câble, un intervalle d'un ou deux dixièmes de seconde se passe avant que l'effet devienne sensible à l'autre extrémité, même avec nos instruments les plus délicats. Mais les explications que j'ai données précédemment montrent que ces questions sont étrangères aux transmissions de signaux à travers un câble atlantique; aussi, quelque intéressantes qu'elles soient, je n'y fais qu'une allusion dans la présente *leçon*.

WILLIAM THOMSON.

— Traduit de l'anglais par P. Delestrée. —

SOCIÉTÉ ROYALE D'ÉDIMBOURG.

SIR W. THOMSON

(de la Société royale de Londres).

Pose et relèvement du câble transatlantique.

Les forces mises en jeu pour poser et soulever les câbles transatlantiques attirèrent à un très-haut degré l'attention publique dans les années 1857-58.

Un voyage d'expériences, fait dans le golfe de Gascogne en mai 1858, prouva la possibilité, non-seulement de poser sûrement un fil comme l'ancien câble atlantique dans une eau très-profonde, mais encore de le soulever du fond de la mer sans qu'il se rompe. Celui qui a l'honneur de parler devant vous a été témoin du fait presque incroyable du soulèvement d'une longueur considérable de ce fil mince et en apparence fragile, d'une profondeur de près de 2 milles marins et demi (1). Le câble avait apporté du fond avec lui, sans dommage, à la surface de l'eau, une épissure à laquelle était attaché un large cadre à poids, pour empêcher le désenroulement dans l'intervalle des deux vaisseaux sur lesquels deux portions du câble avaient été posées avec des torsions contraires. La pose du câble, depuis le milieu de l'Océan à Valentia d'une part, et à la baie de la Trinité, à Terre-Neuve, d'autre part, considérée seulement au point de vue mécanique, surprit extrêmement quelques-uns des ingénieurs les plus célèbres de l'époque, qui n'avaient pas caché leur opinion que la Compagnie du télégraphe atlantique avait entrepris de résoudre un problème impossible. Comme œuvre mécanique, le succès fut complet, et l'insuccès au point de vue électrique, qui arriva après que plusieurs centaines de messages composés de 4359 mots eussent été transmis entre Valentia et Terre-Neuve, était dû à des défauts qui existaient dans le câble avant d'avoir été mis à la mer. De tels défauts ne peuvent manquer d'être reconnus, dans le cours de la fabrication, par les essais qui ont été mis en pratique depuis, et les causes qui ont entraîné l'insuccès du premier câble transatlantique n'existent pas plus maintenant que les dangers d'une entreprise télégraphique sous-marine. Mais la possibilité de dommage étant causée par l'isolement imparfait du conducteur électrique avant de quitter le bâtiment (ce qui a été prouvé par les circonstances qui ont causé la perte temporaire du câble de 1865) renferme un danger que l'on peut éviter seulement en étant prêt à un moment donné à faire reculer le navire et à arrêter le déroulement du câble, en tenant bon pendant quelque temps, ou en en retirant une certaine longueur, suivant les résultats que donnent les épreuves électriques.

Les forces mises en œuvre dans cette opération et les arrangements mécaniques auxquels elles sont appliquées, et par lesquels elles sont dirigées, forment une partie très-importante de la présente lecture ; le reste sera consacré à des explications sur le mode employé pour soulever l'extrémité occidentale des 1200 milles de câble posé dans l'été de 1865, à partir de Valentia, en se dirigeant vers l'ouest, et qui se trouve maintenant dans d'excellentes conditions électriques, et à vous dire aussi de quelle manière on s'y est pris pour le rattacher au câble de Terre-Neuve par les 600 milles qui restaient pour compléter la ligne.

Forces mises en jeu pour la submersion d'un câble.

Dans un article publié dans le *Journal des ingénieurs* en 1857, j'ai donné les équations différentielles de la courbe décrite par un câble sous-marin entre le bâtiment et le fond de la mer, pendant sa submersion, sous l'influence de la pesanteur, du frottement contre l'eau et de la pression même de cette eau ; et j'ai montré que la courbe devient une ligne droite dans le cas où il n'éprouve pas de tension au fond. Comme c'est toujours le cas dans la pose d'un câble dans une mer profonde, il n'est pas besoin de considérer pour ce qui va suivre le problème dans toute sa généralité.

Quand un câble est posé sur un fond uni avec une vitesse

---

(1) Dans tout l'exposé qui va suivre, le mot *mille* sera employé pour désigner non le mille anglais établi par la loi, mais le mille marin, de 60 au degré, ou de la longueur d'une minute de latitude, dans les latitudes moyennes ; ce mille vaut 6073 pieds. Dans les estimat[illegible] prochées, on le regardera comme valant 6000 pieds ou mill[illegible] Le mille marin anglais vaut, en mesures itinéraires françaises, [illegible] tres.

uniforme, suivant une ligne droite, mais sans être tendu, il forme une ligne droite inclinée, depuis le point où il entre dans l'eau jusqu'au fond, et chacun de ses points prend évidemment un mouvement rectiligne et uniforme, dirigé vers la position sur le fond qu'il occupe en dernier lieu (1). C'est-à-dire que chaque molécule du câble est animée d'un mouvement uniforme, le long de la base d'un triangle isocèle dont les deux côtés égaux sont, d'une part, la ligne inclinée décrite par le câble entre le point où il entre dans l'eau et le fond, et, d'autre part, la ligne tracée sur le fond de l'eau que couvre cette portion du câble quand il est posé. Quand le câble file du vaisseau avec une vitesse plus grande que celle même du bâtiment, la vitesse et la direction d'une de ses molécules à travers l'eau peuvent être estimées en composant une vitesse égale à cet excès portée le long de la ligne inclinée, avec la vitesse déjà déterminée qui est portée sur la base du triangle isocèle.

L'angle que forment entre eux les côtés égaux du triangle isocèle, c'est-à-dire l'inclinaison du câble sur la surface de l'eau, est déterminé par cette condition que la composante oblique du poids du câble dans l'eau est égale à la composante oblique de la résistance qu'oppose l'eau à son mouvement. Sa tension, au moment où il entre dans l'eau, est égale à la composante longitudinale du poids (ou, ce qui revient au même, à tout le poids d'une certaine longueur de câble qu'on laisse tomber verticalement au fond), diminuée de la composante longitudinale de la résistance du liquide. Dans la pose du câble atlantique, quand la profondeur était de 2 milles, la vitesse du bâtiment de 6 milles à l'heure, et la vitesse de déroulement de câble 7 milles à l'heure, la résistance à la sortie du câble, mesurée avec soin au moyen d'un dynamomètre, était seulement de 14 quintaux. Mais elle serait égale à 28 quintaux, ou au poids de 2 milles du câble qu'on laisse tomber verticalement au fond de l'eau, sans la résistance occasionnée par le frottement de l'eau contre le câble, qui file, pour ainsi dire, le long d'un plan incliné allant du bâtiment au fond, cette résistance étant, par conséquent, égale à la différence des deux effets, c'est-à-dire à 14 quintaux. On n'a pas fait d'observations précises au sujet de l'angle sous lequel le câble entre dans l'eau; mais, d'après les mesures des angles faites à l'arrière du bâtiment et une estimation effectuée au moyen du dynamomètre, j'ai trouvé que son inclinaison sur la surface de l'eau, quand la vitesse du bâtiment était d'environ 6 milles et demi par heure, devait être à peu près de 6 degrés trois quarts, c'est-à-dire que l'inclinaison serait à peu près de 1 degré, si la vitesse du bâtiment avait été de 8 milles et demi à l'heure. Alors la longueur du câble, depuis le bâtiment jusqu'au fond, quand l'eau était profonde de 2 milles, devait être environ 17 milles.

La valeur totale (14 quintaux) de la résistance du liquide au mouvement de cette longueur de câble est, par conséquent, d'environ 0,81 d'un quintal par mille. La vitesse composante longitudinale du câble à travers l'eau, à laquelle cette résistance est due, peut être regardée, avec une erreur très-faible, comme étant simplement l'excès de la vitesse avec laquelle le câble file, sur la vitesse du bâtiment, ou environ d'un mille par heure. Par conséquent, pour amener une certaine longueur du câble verticalement à travers l'eau, avec une vitesse d'un mille à l'heure, il faudrait moins d'un quintal pour triompher du frottement du liquide par chaque mille de câble, en outre de son poids dans l'eau. Alors le frottement du liquide, qui, dans la pose d'un câble, forme une partie si importante pour diminuer l'effort avec lequel il est filé, n'offre pas d'obstacle sérieux, et, en réalité, un obstacle à peine sensible à la manœuvre inverse, si le câble fait seulement un mille par heure, ou s'il se meut avec une vitesse moindre.

Quant à la composante oblique du frottement contre le liquide, il faut remarquer que, quoique n'agissant pas directement pour diminuer l'effort, au moment où le câble se déroule, elle contribue indirectement à ce résultat; car c'est le frottement oblique qui cause la douceur de la pente, en donnant au câble qui file à travers l'eau une longueur de 17 milles, sur lesquels le frottement longitudinal s'exerce de façon à réduire la résistance au moment du déroulement à la limite trouvée en 1865. Pour évaluer cette quantité, nous ne commettrions qu'une erreur insignifiante, si nous supposions qu'elle est tout simplement égale au poids du câble dans l'eau, c'est-à-dire environ 14 quintaux par mille pour le câble atlantique de 1865. La composante oblique de la vitesse à laquelle ceci est dû peut être évaluée presque sans erreur sensible, en la regardant comme la vitesse d'un corps tombant directement au fond pendant le temps employé à poser une longueur de câble égale à 17 milles en ligne oblique du bâtiment au fond. Par conséquent, elle doit être égale à $2 : \frac{17}{6\frac{1}{2}} = 2 : 2,61 = 0,8$ de mille à l'heure. Il n'est pas probable que le mouvement du câble en longueur à travers l'eau puisse beaucoup affecter ce résultat. Alors la *vitesse de pose* d'une certaine longueur horizontale du câble (ou la vitesse avec laquelle il coule au fond de l'eau avec un poids qui est précisément compensé par le frottement contre le liquide) paraît être environ les 0,8 d'un mille à l'heure. On peut comparer ce résultat avec le frottement longitudinal, en se rappelant que, suivant les résultats obtenus, un mouvement longitudinal à travers l'eau, avec la vitesse d'un mille à l'heure, est exprimé seulement par un dix-septième du poids de la portion du câble qui possède ce mouvement.

Ces conclusions justifient d'une manière remarquable le choix des matériaux que l'on a pris pour le câble de 1865, ainsi que les dimensions qu'on lui a données. Un câble plus serré (par exemple recouvert de moins de gutta-percha, composé de fils de fer qui ne sont pas bien cylindriques et en plus grande quantité), quand bien même il aurait la même vitesse et le même poids par mille dans l'eau, éprouverait une résistance oblique plus faible dans son mouvement à travers le liquide, et par conséquent se précipiterait au fond, en suivant une pente beaucoup plus rapide. Alors, quoique le frottement longitudinal reste le même par mille, il aurait éprouvé une résistance longitudinale moins grande sur la longueur plus petite; mais, quand bien même la longueur ne diminuerait pas, le frottement longitudinal serait beaucoup moindre, à cause de la section plus petite. Il est donc important de remarquer que la nature raboteuse de l'enveloppe extérieure contribue, sans doute, beaucoup à faciliter l'effort au moment du déroulement, de même qu'elle doit augmenter le frottement contre le liquide beaucoup plus que ne l'aurait fait une surface de gutta-percha, ou même la surface de fils de

(1) Tel est précisément le mouvement d'un bataillon en rang qui change de front.

fer bien lisses sous la forme qu'ils présentent généralement dans les câbles sous-marins.

(L'orateur montre les dessins des machines qui ont servi à dérouler le câble en 1858 et en 1865.)

Rien ne peut être imaginé de plus parfait que la machine de 1865 pour dérouler les 1200 milles de câble qui ont été posés, et, si elle était employée seulement dans ce but, aucun changement dans la disposition générale ou dans les détails ne semblerait à désirer, sauf la substitution d'une matière moins dure pour les poulies, par lesquelles le câble, en entrant dans la machine, présente la petite quantité de résistance qu'il lui faut avoir pour le glissement autour du tambour principal. La vitesse de déroulement du câble était toujours soumise à un contrôle parfait par un frein à poids construit par Appold (frein qui a prouvé sa bonne qualité dans la pose du câble atlantique de 1858), appliqué à un second tambour placé sur le même arbre que le tambour principal. Quand les poids étaient enlevés du frein (ce qui pouvait être fait presque instantanément au moyen d'un mécanisme très-simple), la résistance au déroulement du câble, produite par les poulies, et le frottement sur les supports de l'arbre qui portait le tambour principal, etc., étaient environ de 2 quintaux et demi.

Procédé pour réparer le câble dans le cas où un défaut électrique semblerait se présenter pendant qu'on le pose.

Dans le cas où un défaut serait indiqué par les épreuves électriques pendant qu'on déroule le câble (comme l'expérience l'a prouvé dernièrement), la marche la plus sûre à suivre, si le câble est construit comme le câble atlantique actuel, consiste à faire exécuter immédiatement un mouvement inverse aux appareils qui se trouvent sur le bâtiment, d'après l'ordre qui en sera donné par les personnes autorisées, et à placer le plus fort poids possible sur l'arbre qui sert au déroulement du câble. Alors, dans l'espace d'un temps très-court, le déroulement du câble peut être arrêté, et, si le temps est ordinaire, le bâtiment peut être maintenu pendant plusieurs heures, en se servant des palettes, de l'hélice et du gouvernail, dans la position voulue pour permettre au câble de pendre presque verticalement, avec une tension un peu plus forte que le poids de sa propre longueur comprise entre le bâtiment et le fond.

La meilleure épreuve électrique qui ait été mise en pratique ou même projetée ne peut pas indiquer à un mille près la place à laquelle le câble se trouve insuffisamment isolé, à moins que les deux extrémités du câble ne soient très-rapprochées l'une de l'autre. Dans tout état de cause, à moins que les épreuves électriques ne montrent que le point insuffisamment isolé est éloigné du point où le câble se déroule, la seule chose que l'on puisse faire pour trouver s'il se trouve à bord ou à la mer est de couper le câble aussi près de son point de départ que les circonstances mécaniques permettent de le faire sûrement. L'épreuve électrique essayée immédiatement à l'extrémité fraîchement coupée qui se trouve du côté de la mer montre tout de suite si le fil électrique est dans de bonnes conditions entre cette extrémité et le rivage. Quelques minutes après, les épreuves électriques faites aux *deux extrémités* du câble qui reste à bord, peuvent, entre des mains habiles, indiquer très-exactement le point où se trouve le défaut, *quel qu'il soit d'ailleurs*. Les ingénieurs pourront alors prendre tout de suite les dispositions nécessaires pour épisser de nouveau et dérouler de bons câbles, et pour enlever la portion où l'isolation du fil se trouve imparfaite.

Mais si le défaut se trouve entre l'extrémité attachée à la côte et celle nouvellement coupée, et tournée vers la mer (qui se trouve à bord), des épreuves électriques particulières, et qui auraient lieu simultanément à bord et sur la côte (épreuves qui n'ont pas été mises en pratique jusqu'ici, mais qui, d'après les projets, seraient très-faciles à exécuter et parfaitement sûres), pourraient être faites pour reconnaître si le défaut se trouve assez près du bâtiment pour que la meilleure chose à faire soit de retirer le câble jusqu'à ce qu'on puisse le constater à bord. S'il en est ainsi, la vapeur doit être alors employée à faire effectuer un mouvement inverse à la machine de déroulement, et, par l'examen attentif du dynamomètre, on réglera ce mouvement en conséquence (en tirant avec lenteur, ou en arrêtant tout à fait, ou en filant un peu de câble, mais de façon que le dynamomètre ne marque jamais plus de 60 ou 65 quintaux). De cette manière, le câble, qui peut porter 7 tonnes, ne se rompra pas, et la portion endommagée arrivera à bord plus sûrement et peut-être en moins de temps que n'en mettrait un adroit pêcheur pour hisser à bord un saumon de trente livres avec une ligne qui ne pourrait pas porter dix livres. Je puis, sans crainte d'être démenti, vous faire ces assertions en toute confiance, parce que la dernière expédition a vérifié non-seulement les prévisions de la commission scientifique et de ceux qui l'avaient entreprise, pour la force du câble, son poids dans l'eau (que celle-ci soit d'ailleurs profonde ou non), et la facilité avec laquelle on peut le manier, mais a prouvé de plus que, par un temps ordinaire, le *Great-Eastern* peut, quand il est manœuvré par d'habiles marins, recevoir toutes les positions et prendre tous les mouvements nécessités par l'opération de la pose du câble. Il a fallu seize heures pour retirer le câble, couper les portions où se trouvaient le premier et le second défaut, et rattacher ensuite les extrémités, et sept autres heures pour réparer le troisième défaut.

Les épreuves électriques simultanées à bord et sur la côte montreraient si le défaut se trouve à 50, à 100 ou à plus de milles encore du bâtiment; d'après le genre de défaut, la saison de l'année et les moyens qu'on aurait à sa disposition à bord, on verrait s'il vaut mieux compléter la ligne, et ensuite, s'il est nécessaire, couper la portion où se trouve le défaut et faire la réparation, ou bien rétrograder tout de suite et couper la partie où se trouve le défaut, avant de compléter la ligne. Même la plus fâcheuse de ces éventualités ne serait pas fatale à l'entreprise avec un câble comme le câble actuel. Mais toutes les expériences de pose de câble montrent que presque toujours c'est à bord ou à une très-petite distance en mer que l'on trouve le défaut, et qu'on peut le découvrir et couper la portion où il se trouve sans aucun risque, quand de promptes mesures, que nous avons décrites précédemment, sont prises dès que l'isolation paraît imparfaite, pour arrêter aussitôt que possible et sans dommage le déroulement ultérieur du câble.

Il fut parfaitement prouvé par le travail de neuf jours, qui suivit la rupture du câble, le 2 août 1865, qu'un câble placé au fond de la mer, à 2 milles de profondeur, peut être saisi avec un grappin et amené à plusieurs centaines de brasses au-dessus du fond. Trois fois sur les quatre que l'on fit descendre le grappin, celui-ci accrocha le câble après quelques

heures de draguage, et avec seulement 300 ou 400 brasses de corde de plus que les 2100 nécessaires pour parvenir au fond. La fois où l'expérience ne réussit pas, le grappin, la petite longueur de chaîne qui s'était enroulée autour d'une de ses pattes, et environ 200 brasses de cordage, montraient visiblement qu'ils avaient traîné sur le fond, car, en les remontant à bord, on vit leurs intervalles remplis de grès vaseux mou, dont j'ai montré un échantillon à la Société royale. Ces résultats sont tout à fait en accord avec la théorie dynamique dont nous avons parlé plus haut, et suivant laquelle une certaine longueur de fil tel que le câble électrique, qu'on laisserait tomber sans poids à son extrémité inférieure, et qui serait attaché à un bâtiment se mouvant avec une vitesse d'un demi-mille à l'heure, irait au fond en faisant avec la verticale un angle de 20 degrés seulement, et le fil très-lourd et très-dense qui était employé pour le grappin descendrait sous le même angle avec un mouvement beaucoup plus rapide du bâtiment, ou suivant une pente beaucoup plus rapide si le bâtiment se mouvait avec la même vitesse.

La question qui me reste maintenant à traiter est celle-ci : Comment le câble est-il amené à la surface de l'eau quand il a été saisi par le grappin? Les opérations d'août 1865 échouèrent, parce que les grelins dont on se servit, les palans et la machine d'extraction, n'étaient pas assez forts pour ce travail très-inattendu. En aucun cas, le câble électrique ne fut rompu (1). Avec des palans assez forts, une machine d'extraction également assez puissante, le soulèvement d'un câble sous-marin, aussi bon sous le rapport mécanique que le câble atlantique de 1865, par un grappin ou plusieurs grappins d'une profondeur de 2 milles, est certainement praticable. Si une tentative échoue, une autre réussit, et il y a toute espèce de raison, théoriquement et expérimentalement, de croire que, par un temps ordinaire, l'opération s'accomplira dans un très-bref délai, ou du moins en peu de temps, si une des tentatives vient à échouer.

Les différentes méthodes qui ont été proposées à cet effet sont de deux classes : 1° celles dans lesquelles on cherche, en employant trois bâtiments ou un plus grand nombre, à faire arriver un point du câble à la surface de l'eau sans le rompre ; 2° celles dans lesquelles, au contraire, on le rompt ou on le coupe, et où l'on cherche à faire arriver un point quelconque du câble placé à l'est de la rupture, à la surface.

Quel que soit le mode que l'on choisisse, il est à remarquer qu'en soulevant simultanément le câble à l'aide de plusieurs grappins disposés de manière à le soutenir sans glisser le long de sa surface et sans le couper, il est possible de porter un point du câble à la surface de l'eau sans le soumettre à aucun effort aussi grand que le poids d'une longueur du câble égale à la profondeur de l'eau. Mais on pourrait employer un grand nombre de grappins simultanés à l'aide de bâtiments croisant la ligne du câble à des distances considérables les uns des autres, de telle sorte que cette possibilité eût à peine besoin d'être comptée dans la pratique, sans couper ou rompre le câble en un point situé à l'est des points soulevés par les grappins. D'un autre côté, avec seulement trois bâtiments, le câble peut très-certainement être porté à la surface de l'eau sans être coupé et sans le soumettre en un point quelconque à un effort *beaucoup* plus grand que le poids correspondant à la profondeur verticale, comme on le voit facilement quand on considère que le câble est généralement posé avec 12 ou 15 pour 100 de corde lâche. Et si le câble est coupé en quelque point non loin vers l'ouest du plus occidental des grappins, il est bien certain qu'il pourra être soulevé très-facilement par trois grappins tirés simultanément par trois bâtiments.

La marche qui me semble la plus sûre et la plus simple à suivre est de couper le câble en un point choisi, assez loin vers l'est de l'extrémité rompue, pour ne pas avoir à s'occuper de l'enchevêtrement qui doit exister dans les orins perdus, les grappins, et l'extrémité perdue du câble électrique lui-même; et alors, aussitôt que possible ensuite, d'accrocher le câble et de le soulever en un point situé à environ trois milles au delà vers l'est. Cette opération peut être bien faite et en toute sécurité avec deux bâtiments, l'un muni d'un grappin qui serve à couper le câble, et l'autre, le *Great-Eastern* lui-même, muni d'un grappin qui serve à le soutenir. Ce dernier, en l'amenant, le halerait avec précaution, de telle sorte que l'effort qu'il supporterait ne soit jamais trop considérable, ce que fera voir le dynamomètre. L'autre, une fois que le *Great-Eastern* a le câble, le halera tout d'abord avec précaution; mais à la fin, quand le câble a été heureusement soulevé du fond par le *Great-Eastern*, le bâtiment situé à l'ouest se mouvra lentement vers l'est et halera le câble avec assez de force pour le couper et le briser. Ainsi on laisse trois milles de câble libre sur le côté ouest du grappin du *Great-Eastern*, qui fléchiront librement vers l'est (même s'il est en partie posé le long du fond tout d'abord), et permettront au *Great-Eastern* de le haler lentement vers l'est, de manière à tenir son fil de grappin, et par conséquent à la fin les parties du câble électrique qui tombent des deux côtés du grappin aussi verticalement qu'il est nécessaire pour amener sûrement le câble à bord. (On figurait l'expérience en soulevant, à l'aide de deux grappins, une chaîne très-mince, une chaîne de laiton ordinaire coupée en petits fragments réunis entre eux par des anneaux de fil de coton fin, du plancher de la salle où se faisait la conférence. On montrait de plus que l'expérience peut être faite avec un seul bâtiment, seulement en y mettant un peu plus de temps, mais en courant à peine plus de risque d'insuccès.) Alors, en saisissant d'abord le câble à l'aide d'un grappin qui puisse l'accrocher, et en l'amenant à deux ou trois cents brasses du fond, on peut le laisser pendre par le fil du grappin sur une bouée, tandis que le bâtiment s'avance de trois milles vers l'ouest, coupe le câble en ce point, et retourne à la bouée. Il est alors facile, quand le temps n'est pas mauvais, de haler sûrement et d'amener le câble à bord.

William Thomson.

— Traduit de l'anglais par P. Delestrée. —

(1) Les grelins les plus forts dont on se servit étaient formés de fils de fer et de chanvre entrelacés les uns avec les autres, et pouvant porter un poids de 14 tonnes; ils devaient servir d'*orins* dans le cas où l'on serait obligé par le mauvais temps, ou pour d'autres causes, de couper et de laisser le câble dans une eau plus ou moins profonde, et ils étaient, par conséquent, tous par longueurs de 100 brasses, reliés par des chaînes avec des tourniquets. Le fil lui-même ne se rompit jamais ; mais, dans deux cas sur trois, un tourniquet céda. Dans le dernier cas, on avait employé à la partie supérieure environ 900 brasses de cordages de Manille, parce qu'on n'avait pas assez de fils d'orins ; et quand on en eut retiré 700 brasses, une chaîne se brisa à bord, de sorte que les 200 brasses de cordages de Manille restant, avec les 1540 brasses de fils d'orins, et le grappin soutenant le câble électrique qu'il avait saisi, furent perdus.

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE VINCENNES.

ENTRETIENS AGRICOLES PAR M. GEORGES VILLE (1).

La production végétale.

Lorsque les travaux de M. Georges Ville commencèrent à appeler l'attention du monde agricole, l'empereur pensa qu'il y aurait utilité d'en soumettre les résultats au contrôle de la pratique. Par ses ordres, un champ d'expériences fut établi à Vincennes, sur un terrain qui dépend de la ferme impériale.

Situé derrière les tribunes du steeple-chase, ce champ occupe une superficie de 8 hectares environ. Il est divisé en cinq bandes parallèles comprenant chacune 24 parcelles d'un are. On voit, par cette disposition, que le champ d'expériences de Vincennes est une sorte de table de Pythagore où l'on ne cultive qu'à l'aide de produits chimiques purs, représentant sous des formes variées les divers éléments qui entrent dans la composition des végétaux.

La fondation du champ d'expériences de Vincennes remonte aujourd'hui à sept années. Dès l'origine, M. Ville crut devoir y fonder un enseignement à la fois théorique et pratique.

Les entretiens, au nombre de six, dont nous commençons la publication aujourd'hui, résument l'enseignement de l'année 1867.

I

Messieurs,

Depuis 1861, j'ai coutume de résumer chaque année, dans une série de conférences publiques, les résultats de mes études sur les moyens d'accroître la fertilité du sol en dehors des traditions consacrées par l'expérience du passé.

Cet enseignement, qui appartient à la science par son caractère et par son origine, a été conçu dès le début cependant, dans l'espoir de fournir à la pratique un guide auquel elle pût se confier en toute assurance. Aussi tous mes efforts tendent-ils à le dégager le plus possible, sans rien lui faire perdre toutefois de sa rigueur et de sa précision, des formules théoriques qui ne me sont pas imposées par la nature même du sujet.

Depuis que la liberté du commerce est devenue le régime vers lequel tendent toutes les nations, on sent mieux chaque jour l'importance des questions agricoles. En effet, sous l'empire de ce régime nouveau, un pays ne peut avoir de prospérité durable qu'à la condition de faire mieux que les autres pays auxquels ses marchés intérieurs sont ouverts : il faut absolument qu'il produise plus et avec plus d'économie.

Par quel procédé ce but peut-il être atteint?

Voilà ce que nous devons rechercher ensemble, en nous fondant de préférence sur les faits dont je puis ici même vous rendre témoins.

Au moment d'aborder mon sujet sous ce nouvel aspect, ma pensée se reporte, non sans émotion, à une époque, maintenant loin de nous, où une auguste bienveillance jugea mes travaux dignes d'être encouragés. Beaucoup de bons esprits doutaient alors des résultats que j'annonçais, parce qu'ils ne s'appuyaient que sur des études de laboratoire.

On avait de la peine à croire qu'il fût possible, comme je l'avais avancé, de régler les effets de la végétation au moyen des éléments que la chimie nous découvre dans les plantes, et de fonder en quelque sorte une agriculture nouvelle sur leur emploi.

L'empereur en jugea autrement, et la fondation du champ d'expériences de Vincennes vint attester une fois de plus la sollicitude éclairée du souverain pour nos intérêts agricoles.

Je viens de dire que notre agriculture avait besoin d'élever sa production, afin de réduire à la fois ses frais généraux et ses prix de revient. Les moyens qui doivent le lui permettre exigent, pour revêtir à vos yeux leur véritable caractère, que je prenne mon point de départ dans les termes les plus reculés du problème agricole, et que je commence par vous dévoiler les éléments mêmes dont les végétaux sont formés, puisque c'est à eux que l'agriculture devra recourir désormais pour élever ses rendements.

C'est donc à une étude essentiellement théorique que je dois vous convier d'abord. Pour atteindre le but que je me suis marqué, il faut, en effet, que je décompose en quelque sorte sous vos yeux la substance même des végétaux, et que je vous démontre que, malgré les formes si variées qu'elle affecte,—puisqu'il existe plus de 200,000 végétaux différents,—nous pouvons cependant la définir avec autant de rigueur que les composés plus simples de la nature inorganique, dont la reproduction est devenue un véritable jeu pour les chimistes de nos jours.

Ceci m'amènera à vous entretenir de faits d'un ordre différent : c'est que, dans les végétaux, rien n'est stable, et que leurs éléments éprouvent, au sein des divers organes, de perpétuels déplacements, véritables migrations dont une loi permanente règle l'ordre et la succession.

Mais ces notions, si éloignées qu'elles vous paraissent en ce moment peut-être du but de l'agriculture, ne suffisent point encore à nos desseins. Les végétaux sont sous la dépendance des agents impondérables : lumière, chaleur, électricité. Or, il faut absolument que nous apprenions à connaître la nature des effets de chacun pour nous en faire au besoin des auxiliaires.

Les résultats utiles, les applications d'un avantage certain, sont le but auquel nous devons nous rattacher de préférence; mais soyez persuadés que nous l'atteindrons d'autant plus sûrement, que nos déductions et nos préceptes, exempts de tout empirisme, puiseront leurs justifications dans les données théoriques qui les auront précédés.

J'aborde donc cette première question : De quoi est formée la substance des végétaux? d'où vient-elle? comment s'opère la combinaison des éléments que l'analyse nous y fait découvrir?

Sur ce point, la chimie est aussi nette qu'affirmative. Elle nous répond que les végétaux sont formés de quatorze éléments, toujours les mêmes, qu'il convient de ranger dans ces deux séries parallèles.

(1) Voyez, dans la *Revue des cours scientifiques*, un cours de *physique végétale* par M. Georges Ville, t. II (1865), p. 522, 594, 628, 642, 714, 755, 783, 825, et t. III (1866), p. 68, 95, 131 et 232; — et une conférence du même auteur sur *la crise agricole devant la science*, t. III, p. 273, 24 mars 1866.

Éléments organiques.	Éléments minéraux.
Carbone.	Phosphore.
Hydrogène.	Soufre.
Oygène.	Chlore.
Azote.	Silicium.
	Fer.
	Manganèse?.
	Calcium.
	Magnésium.
	Sodium.
	Potassium.

Pourquoi appelle-t-on les premiers, éléments organiques, et les seconds, éléments minéraux? Parce que les premiers ne se rencontrent, à l'état de combinaison, qu'au sein des êtres vivants, et que les autres appartiennent, par leur origine, à l'écorce solide du globe.

Mais, dira-t-on, comment se peut-il qu'un nombre si borné d'éléments suffise à tant de productions dissemblables? La réponse est bien simple : parce qu'ils possèdent une faculté de combinaison infinie. Ils sont, comme les lettres d'un alphabet, suffisants, quoique en petit nombre, pour former tous les mots d'une langue.

Il se présente enfin une dernière question : La composition des végétaux est-elle la même dans toutes leurs parties? Les divers organes ne diffèrent-ils que par la forme? La tige, l'écorce, les feuilles et les fruits ne sont-ils que les empreintes différentes d'une même substance, toujours identique avec elle-même?

Bien loin de là, chaque organe a, dans une certaine mesure, sa composition propre; mais ces dissemblances, qui sont une conséquence des conditions que réclame impérieusement la reproduction des espèces, peuvent être ramenées à quelques propositions très-simples.

Commençons par constater les faits, la théorie viendra ensuite. Occupons-nous d'abord des éléments minéraux.

Règle générale, les parties foliacées ou charnues des végétaux contiennent plus de minéraux que le bois et les parties coriaces. La cause de ces variations tient uniquement à la différence d'intensité avec laquelle la séve s'évapore dans les divers organes. L'évaporation est d'autant plus active, que les tissus sont plus perméables et en rapport plus direct avec l'atmosphère. Aussi trouve-t-on plus de minéraux dans les herbes que dans les arbres, et, pour ceux-ci, plus dans les feuilles que dans l'écorce, et plus enfin dans l'écorce que dans l'aubier et le cœur du bois.

Dans le fruit d'une légumineuse, il y a deux parties distinctes : la gousse et la graine. La gousse, qui est en rapport immédiat avec l'atmosphère, se prête mieux que la graine à l'évaporation de la séve; aussi contient-elle plus de minéraux. Dans le même ordres d'idées, je puis citer encore les arbres verts, dont les feuilles persistent pendant l'hiver, saison moins favorable à l'évaporation que les chaleurs de l'été, et qui contiennent moins de minéraux que celles des autres arbres.

Pour résumer ce que je viens de dire, voici quelques chiffres destinés à en fixer, sous une forme plus rigoureuse, la véritable expression :

	MINÉRAUX. Pour 100.
Herbes	7,84
Arbres	0,99
Bois	0,55
Aubier	2,65
Ecorce	7,17
Feuilles	14,20
Feuilles caduques	6,60
Feuilles persistantes	2,00
Gousses de pois	5,50
Graines de pois	3,10

Si l'on fait, pour chaque élément minéral en particulier, l'étude que nous venons de faire pour l'ensemble, on arrive à une conclusion analogue, c'est que, par une sorte d'élection, chacun de ces éléments se concentre de préférence dans une certaine catégorie d'organes : aussi rencontre-t-on plus de silice, de chaux, d'oxyde de fer, de sulfates et de chlorures dans la tige et les feuilles que dans les fruits et les graines, où l'acide phosphorique, la potasse et la magnésie deviennent, à leur tour, les éléments prédominants.

Je prends le froment pour exemple. Dans la cendre du grain, il y a 46 pour 100 d'acide phosphorique; dans celle de la balle, 2,54; dans celle de la paille, 2,26, et seulement 1,70 dans celle de la racine.

Ce que je viens de dire pour l'acide phosphorique, je puis le répéter pour la magnésie et la potasse, dont les proportions changent d'un organe à un autre, comme vous pouvez vous en convaincre dans le tableau suivant :

FROMENT.	DANS 100 DE CENDRES DE Racines.	Paille.	Graines.
Acide phosphorique	1,70	2,26	46,00
Magnésie	1,97	3,92	13,77
Potasse	2,87	15,18	32,50
Chaux	0,88	3,00	1,19

Ces différences, que nous constatons ici dans le froment, on les retrouve dans tous les végétaux sans exception.

Si vous étudiez avec un peu d'attention le tableau qui précède, vous ne pouvez manquer d'être frappé du contraste qui existe entre la potasse et l'acide phosphorique. L'acide phosphorique est en proportion à peu près uniforme dans tous les organes, la graine excepté. Il n'en est pas de même pour la potasse. La concentration de l'acide phosphorique dans les graines se fait brusquement; la proportion de la potasse augmente, au contraire, par degrés, et vous remarquerez que plus les organes se rapprochent de la graine, plus cette proportion devient considérable.

Pourquoi ce passage soudain d'un côté et cette progression de l'autre? La réponse est facile; elle se déduit du caractère qui fait, en quelque sorte, l'essence de la nature animée.

Dans l'économie des êtres vivants, toutes les fonctions, si variées qu'on les suppose, tendent vers le même but : assurer la reproduction de l'espèce, c'est-à-dire sa permanence à travers le temps; elles sont toutes ordonnées en vue de cet important résultat. Mais pour que cette condition soit remplie, il faut que l'embryon contenu dans la graine trouve réunis dans sa sphère d'activité les minéraux indispensables à l'exercice des premiers actes de la vie végétale. Voilà pourquoi la graine est si abondamment pourvue d'acide phosphorique, de potasse et de magnésie : c'est une sorte de réserve destinée à la première évolution de l'embryon.

La cause qui veut que les graines contiennent plus de phosphate que les autres organes, et que ceux-ci ne soient en quelque sorte que des instruments chargés de les en pourvoir, nous étant connue, il nous reste à découvrir comment s'opèrent le déplacement des phosphates et leur concentration dans la graine.

Une observation fort ancienne de Théodore de Saussure nous fournit à cet égard une explication aussi simple que satisfaisante.

Comme chacun le sait, les phosphates de chaux et de magnésie sont insolubles dans l'eau; mais il existe un phosphate double de potasse et de chaux, et un phosphate double de potasse et de magnésie qui sont l'un et l'autre solubles. La potasse, ou, pour parler plus exactement, les phosphates alcalins sont ainsi les véhicules qui assurent le transport des phosphates terreux dans la végétation; il importe donc que plus on se rapproche de la graine, plus la proportion des sels de potasse soit élevée, afin de rendre la dernière étape des phosphates terreux plus facile à franchir.

Parlons maintenant de la distribution des éléments organiques.

Ici un premier fait nous frappe. Ces éléments, au nombre de quatre seulement, représentent les 95 centièmes au moins de la substance des végétaux. Toutefois, et pour le dire en passant, de ce que les minéraux n'y figurent que pour un faible appoint, il faudrait bien se garder de conclure que leur rôle est moins important que celui des éléments organiques. En leur absence, la végétation est impossible; elle reste languissante et précaire dans les sols qui n'en sont pas suffisamment pourvus. Cette réserve faite, revenons aux éléments organiques.

Sous le rapport de leur distribution dans l'économie végétale, ils offrent encore un contraste avec ce que nous venons de dire pour les éléments minéraux. Trois d'entre eux, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, y figurent en proportions à peu près invariables. Tous les végétaux et tous les organes sans distinction en contiennent les mêmes quantités : arbres, arbustes, simples plantes, racines, tiges, écorces, branches, feuilles, fruits et graines accusent un rapport invariable entre le carbone, l'hydrogène et l'oxygène.

Pour l'azote, il n'en est plus de même; il se révèle, à son égard, ce que nous avons constaté pour la potasse et l'acide phosphorique : les fruits et les graines en contiennent beaucoup plus que les autres organes. Nous pouvons ajouter qu'à son égard, comme pour l'acide phosphorique et la potasse, l'accumulation de l'azote, dans la graine, est déterminée par la nécessité de pourvoir aux premiers besoins de l'embryon, à l'époque de la germination.

Pendant cette première période de la vie végétale, la plante vit uniquement aux dépens des éléments réunis dans la graine; le rôle de l'azote n'est alors pas moins essentiel que celui de la potasse et de l'acide phosphorique.

Pour nous résumer, je dirai donc que les éléments organiques représentent les 95 centièmes du poids des végétaux. Dans ce total, le carbone y figure pour 40 à 45 centièmes à peu près; l'oxygène pour autant; la proportion de l'hydrogène est plus faible, elle est comprise entre 5 et 6 pour 100.

Je vous avais promis de définir la composition des végétaux avec rigueur et netteté. Il me semble que les données qui précèdent offrent ce double caractère.

Pénétrons plus avant dans notre sujet.

Il ne suffit pas de pouvoir dire de quoi les végétaux se composent, il faut savoir encore comment ils se forment et comment leurs éléments se combinent au sein des organes dont ils déterminent l'évolution et l'accroissement.

Lorsqu'on abandonne au soleil une dissolution de sel ou de sucre, à mesure que le liquide s'évapore, il se dépose des cristaux que l'on ne peut d'abord distinguer qu'à la loupe, tant leurs dimensions sont exiguës; bientôt cependant leur forme isolée devient accessible à la vue, et nous pouvons suivre jour par jour leur accroissement, dont la régularité géométrique accuse un ordre primordial qui leur commande et dont ils ne peuvent s'écarter. Ici l'accroissement se fait par le dépôt successif et continuel de nouvelles couches de sel ou de sucre qui s'ajoutent en tous sens à la surface du premier cristal, sorte de centre attractif à l'égard des molécules de sucre et de sel diffusées dans le liquide.

Le travail de la végétation n'est pas aussi simple. Les phases par lesquelles un végétal passe avant son plein développement ont néanmoins un caractère de permanence et de fixité qui accuse aussi un plan dont l'économie et la constance excluent toute idée de hasard et d'arbitraire. Quoique très-différent de celui auquel la formation des minéraux est soumise, il dépend de lois non moins inflexibles, et ne nous est pas moins bien connu dans son principe et dans ses détails.

Je vous ai dit que les végétaux doivent leur formation à quatorze éléments différents; j'ajoute que les uns avaient, à l'origine, la forme gazeuse et faisaient partie de l'air; tandis que les autres, liquides ou solides, proviennent du sol. Les premiers sont absorbés par les feuilles; les seconds, par les racines. Ainsi les végétaux se forment et se développent au moyen de principes multiples et très-divers venus de milieux différents; mais ces principes ne revêtent pas tout d'abord la forme de tissus et d'organes, ils passent par des états plus simples qui n'appartiennent plus à la nature inorganique, sans avoir revêtu les caractères propres aux corps organisés.

La formation des végétaux est donc, en réalité, une opération à deux degrés.

Ces composés aux formes instables par lesquelles la végétation prélude en quelque sorte, se divisent en deux groupes. L'un comprenant les composés où il n'entre que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène; l'autre ceux dans lesquels on trouve en plus de l'azote, du soufre et du phosphore.

Voici, au surplus, la liste de ces produits, auxquels je donnerai le nom de *produits transitoires* de l'activité végétale, pour rappeler à la fois leur origine, leur caractère principal et leur véritable destination.

	PRODUITS TRANSITOIRES	
	Hydrocarbonés.	Azotés.
INSOLUBLES DANS L'EAU.	Cellulose.	
	Amidon.	Fibrine.
SEMI-SOLUBLES.	Gomme adragante.	
	Pectine.	
	Inuline.	Caséine.
SOLUBLES.	Gomme arabique.	
	Mucilage.	
	Sucre de raisin.	
	Sucre de canne.	Albumine.

Occupons-nous d'abord des produits du premier groupe.

Tous ces produits, auxquels nous donnerons le nom générique d'*hydrates de carbone*, ont un caractère commun; leur composition est la même, à ce point qu'on peut l'exprimer,

pour tous indirectement, par la formule symbolique $C^{12}(HO)^n$.

Dans tous il y a 12 équivalents (1) de carbone toujours en combinaison avec l'hydrogène et l'oxygène dans le rapport voulu pour former de l'eau.

Quoique dissemblables en apparence, tous ces corps ne sont, en réalité, que la reproduction du même type, et ce qui le prouve, c'est l'impossibilité d'établir entre eux une ligne de démarcation un peu précise, si, au lieu de les prendre isolément dans un seul végétal, on tient compte des variations qu'ils présentent dans l'universalité des plantes.

Une étude plus approfondie de ces produits remarquables va nous montrer jusqu'où vont nos incertitudes et à quel point toute distinction précise et absolue est vraiment impossible.

Nous avons placé, en tête du premier groupe, la cellulose, ainsi nommée parce qu'elle forme la trame des tissus végétaux. Immédiatement après vient l'amidon, puis les gommes, et enfin le sucre.

Entre la cellulose et le sucre, les différences sont nombreuses et profondes, et, si l'on ne connaissait pas les autres termes de la série : la pectine, l'inuline, les gommes, etc., il ne pourrait venir à la pensée de personne de voir, dans ces deux corps, les formes dissemblables d'un type unique.

En effet, la cellulose est insoluble dans l'eau; — le sucre, au contraire, se dissout. La cellulose n'est attaquée ni par les acides, ni par alcalis; — le sucre est facilement altéré par les uns et les autres. Le sucre a une saveur douce; — la cellulose n'a pas de saveur.

Comment pourrait-on avoir l'idée de voir, dans ces deux produits, un seul et même corps?

L'identité devient manifeste cependant et s'impose en quelque sorte d'elle-même, si, au lieu de borner la comparaison à la cellulose choisie de préférence dans le tissu ligneux du bois, on a égard aux propriétés des autres termes de la série et aux dégradations dont la cellulose est elle-même susceptible.

La cellulose, à l'état de tissus ligneux, est insoluble dans l'eau froide et même dans l'eau bouillante; mais dans le lichen d'Islande, sorte de mousse propre aux régions du Nord, la cellulose, beaucoup moins compacte, se change en gelée lorsqu'on la fait bouillir dans l'eau. Dure comme l'ivoire, dans les noyaux de certains fruits, elle devient comestible dans les champignons. Entre la chair comestible des champignons et un morceau de bois de chêne, il n'y a pas plus de différence qu'entre le sucre et la cellulose du lichen.

L'amidon, dans les tubercules des pommes de terre, est à l'état de grains isolés, formés de couches concentriques emboîtées les unes dans les autres. Entre l'amidon et la cellulose, il y a donc peu d'analogie apparente; mais si nous ajoutons que l'amidon se gonfle dans l'eau bouillante, que ses grains perdent leur structure, au point de former aussi une véritable gelée, comme celle du lichen d'Islande, l'analogie entre ces deux produits devient incontestable.

L'amidon se gonfle dans l'eau bouillante sans se dissoudre; mais l'inuline, que l'on trouve dans le tubercule du topinambour et qui est aussi une sorte d'amidon, se dissout dans l'eau bouillante, dont elle se sépare, à l'état de grains indépendants, à mesure que l'eau se refroidit.

Si nous ajoutons que la gomme adragante forme gelée dans l'eau froide sans se dissoudre, et que la gomme arabique s'y gonfle et s'y dissout, qu'elle est douée d'un commencement de saveur sucrée, le passage de la gomme au sucre devient manifeste, et finalement les analogies qui rattachent le sucre à la cellulose, cachées à l'origine, ne sauraient plus être douteuses pour personne.

Pour légitimer à vos yeux cette conclusion, il me suffira d'ajouter que la cellulose, à son plus grand état de compacité, peut se changer en gomme et en sucre, et que pour cela il suffit de la traiter par l'acide sulfurique; il en est de même pour les autres termes de la série, qui tous peuvent être amenés à l'état de sucre par le même moyen. Enfin, s'il était besoin d'insister, j'ajouterais que, dans les végétaux, ces transformations sont incessantes, et que sur elles repose toute l'économie de la nutrition végétale, comme je le montrerai plus en détail lorsque j'aurai fait l'histoire des matières albuminoïdes.

Ces matières, qui forment le second groupe des produits transitoires de l'activité végétale, sont au nombre de trois. Elles se distinguent des hydrates de carbone par l'azote, le soufre et le phosphore qu'elles contiennent, et qui font défaut aux premiers. Leur composition accuse donc un degré plus élevé de complication.

Il se produit toutefois à leur égard ce que nous avons observé pour les hydrates de carbone. Malgré leur dissemblance, elles sont en réalité le même corps sous trois états différents. Leur composition est la même et s'exprime par la même formule : $C^{144}H^{112}Az^{18}S^{2}O^{44}$.

M'objectera-t-on que la fibrine est insoluble dans l'eau, tandis que la caséine et l'albumine s'y dissolvent? Mais alors je ferai remarquer qu'il suffit de porter l'eau à l'ébullition pour rendre ces deux derniers corps également insolubles.

Me dira-t-on que la chaleur n'agit pas sur les dissolutions d'albumine comme sur les dissolutions de caséine; que l'albumine se coagule en masse, tandis que la caséine ne se coagule qu'en partie, à l'état de pellicules à la surface du liquide?

Pour réfuter cette objection, il suffit d'ajouter qu'il dépend de nous de communiquer à l'une quelconque de ces trois matières les propriétés des deux autres.

La fibrine est insoluble. Pour la rendre soluble, il suffit de la battre dans un mortier de marbre avec du nitrate de potasse et d'y ajouter un cinquantième de son poids de soude caustique. La dissolution qui se produit possède toutes les propriétés de l'albumine, et notamment la plus caractéristique, qui est de se coaguler en masse par l'action de la chaleur.

Verse-t-on, dans une dissolution d'albumine, quelques gouttes de soude caustique, elle acquiert aussitôt la propriété de se coaguler par parties et sous forme de pellicules comme la caséine.

Si j'ajoute enfin que ces corps, comme les hydrates de carbone, se transforment incessamment les uns dans les autres, à toutes les périodes de la vie végétale, vous reconnaîtrez avec moi qu'ils ne sont, comme je vous l'ai dit, que les formes variables du même type.

Avant de germer, le froment contient de 10 à 15 pour 100

(1) On appelle, en chimie, équivalent en quantités équivalentes, les rapports pondéraux qui règlent la combinaison des corps :

L'équivalent de l'hydrogène étant égal à............	1
L'équivalent de l'oxygène égal à....................	8
Celui du carbone à..................................	6
Et celui de l'azote à...............................	14

de fibrine et 1 ou 2 pour 100 d'albumine tout au plus. Dès que la germination commence, la proportion de fibrine diminue et celle de l'albumine augmente. Les haricots et les lentilles ne contiennent pas de fibrine, mais de la caséine et, comme le froment, très-peu d'albumine; or, pendant la germination, la caséine disparait et l'albumine la remplace. Il en est de même pour l'amidon, il se change en gomme et en sucre, qui, à leur tour, par une nouvelle transformation, passent à l'état de cellulose dans les feuilles, la tige et les racines.

Le végétal, à sa première période, vient tout entier de la graine dont la substance s'est transformée. Après la germination, lorsque la végétation proprement dite commence, il se forme de plus en plus d'albumine jusqu'au moment de la floraison, où l'albumine résorbée au profit de la graine se change en fibrine dans le froment, et en caséine dans les haricots et les lentilles.

Revenant aux hydrates de carbone, je vous citerai l'exemple de la betterave, qui contient de 8 à 10 pour 100 de sucre avant la floraison, et où l'on n'en trouve plus lorsque la graine s'est formée, le sucre ayant repassé à l'état d'amidon.

Je le répète donc, la nutrition végétale est un phénomène à deux degrés : au premier, correspond la formation des produits transitoires; au second, leur transformation en tissus et en organes végétaux.

J'ajoute enfin que le mécanisme de la nutrition végétale réside tout entier dans ces deux ordres de phénomènes, qui sont tout à la fois indépendants et solidaires.

De ce qui précède il résulte que les végétaux nous sont connus maintenant sous le double rapport de leur composition et de leur mode de formation.

Pour compléter cet aperçu général sur la production végétale, il me reste à vous entretenir des conditions qui en règlent l'activité, et qui, dans l'ordre des choses pratiques, rendent la culture prospère ou précaire, dispendieuse ou rémunératrice.

Ces conditions sont au nombre de trois :

1° Le climat;

2° La nature du sol, à laquelle se rattache le choix des engrais;

3° Les qualités spécifiques des graines.

L'influence du climat. Elle est incontestable.

Qui de vous n'a remarqué les changements que la végétation accuse, lorsque du pied d'une montagne on s'élève au sommet. Placé à la distance de 1 ou 2 kilomètres, on aperçoit distinctement, sur le versant des Alpes, des bandes de verdure superposées, qui contrastent par leur épaisseur et par leur nuance, et auxquelles correspondent des flores tout à fait différentes.

Le même fait se reproduit plus en grand à mesure que de l'équateur on se rapproche du pôle. Vous savez qu'à l'équateur, la végétation se distingue par un aspect de vigueur et de majesté qui frappe d'admiration les voyageurs européens. Le nombre des arbres, comparé à celui des herbes, y est plus considérable qu'en Europe. Les arbres s'y font remarquer, en outre, par l'élévation et la grosseur de leur tronc, par la richesse et la variété de leur feuillage.

Au delà du 60e degré de latitude, au contraire, on ne rencontre plus que des arbrisseaux, des arbustes, des herbes, etc. Dans le voisinage du pôle, le règne végétal n'est plus représenté que par quelques byssus pulvérulents et quelques lichens crustacés qui rampent à la suface du sol.

Le climat exerce donc une influence considérable sur la production végétale, et bien mal inspiré serait celui qui, dans la pratique, n'en voudrait pas tenir compte.

N'y aurait-il pas là folie, en effet, à vouloir cultiver la vigne à Dunkerque, les maïs à Valenciennes et l'olivier dans les plaines de la Beauce ! Ce sont là, je le sais bien, des exagérations sous lesquelles il y a cependant une vérité qu'il est sage de ne pas méconnaître, c'est que l'agriculture doit tenter, de nos jours, à se spécialiser de plus en plus et à mettre toujours de son côté les chances favorables du climat. Avec la liberté du commerce et la facilité des échanges, chaque région doit se créer le monopole des produits où elle défie la concurrence. Pourquoi le Midi s'obstinerait-il à faire du blé lorsque le Nord lui en offre à meilleur marché en échange de ses vins et de ses huiles ?

Les Anglais, qui sont gens avisés, l'ont compris depuis longtemps; partout où l'humidité trop grande du climat rend la culture du blé d'un produit incertain, ils lui ont substitué la prairie et l'élève du bétail.

Parmi les conditions qui agissent sur la végétation, nous avons placé au second rang la composition du sol, et, dans le même ordre d'idées, le choix des engrais. — Vous savez tous que deux terres qui se touchent sont souvent fort inégalement fertiles. La cause de ces différences réside essentiellement dans la présence ou l'absence de certains agents qui abondent là ou manquent ici. Ajoutez au sol le moins favorisé les éléments qui lui font défaut, et il devient aussitôt fertile. Au moyen des engrais, nous acquérons sous ce rapport un pouvoir à peu près sans limites : ici l'homme commande à la nature.

C'est à l'étude de cette deuxième condition, le choix et l'emploi des engrais, que l'enseignement de Vincennes est plus spécialement consacré.

Quant à la troisième condition régulatrice de la production végétale, bien différente des deux précédentes, qui appartiennent au monde extérieur, elle tire son origine du végétal lui-même.

Toutes les espèces végétales sont susceptibles de certaines déviations capables de devenir héréditaires; les races, les variétés n'ont pas d'autre origine. Peu importantes sous le rapport des caractères botaniques, ces déviations le sont souvent beaucoup au point de vue agricole. Dans les mêmes conditions de sol et d'engrais, telle variété produit souvent deux fois plus que telle autre. Je puis ici même vous en montrer un exemple remarquable.

Depuis trois ans, j'ai institué deux cultures parallèles de froment, l'une avec le blé bleu, et l'autre avec le blé anglais à paille rouge. Tout est semblable dans les deux cas : le sol et les engrais. Eh bien ! malgré les soins les plus attentifs, le blé bleu ne réussit pas, et le blé anglais vient à merveille. Pendant l'automne, le blé bleu a eu constamment un avantage marqué sur le blé anglais, mais au printemps, pour peu qu'il se produise des gelées tardives, il est envahi par la rouille, alors que le blé anglais, moins avancé, échappe à cette cause d'altération et d'insuccès. Vous pouvez en juger par vous-mêmes par la comparaison des deux cultures.

Il y a donc encore là un moyen d'action qui dépend de nous, et auquel on n'a peut-être pas accordé toute l'attention qu'il mérite. Pour moi, je crois nos espèces végétales suscep-

tibles d'améliorations non moins importantes que celles que l'on a réalisées sur nos animaux domestiques.

Mais, je vous le répète, messieurs, de ces trois conditions qui règlent l'activité et les produits de la végétation, la seconde, qui se fonde sur le choix et la dose des engrais, doit seule nous occuper. Je n'ai rappelé les deux autres qu'à titre d'indications théoriques, nécessaires pour définir notre sujet sous toutes les faces, et ne rien laisser dans l'ombre.

Je vous avais annoncé l'analyse de la végétation dans ses agents et ses causes multiples, je crois vous l'avoir présentée complète.

Seriez-vous tentés de me reprocher le caractère trop scientifique de cette étude? A la lumière de ces notions notre voie se trouve tracée. Il ne peut être question désormais de résultats empiriques. Ne perdons pas de vue d'ailleurs que si la pratique est notre but, la science doit rester notre guide, ses méthodes nos auxiliaires, et ses principes la première assise de nos déductions.

Jusqu'à ces vingt dernières années, on a prétendu que le fumier était l'agent par excellence de la fertilité. Nous soutenons qu'en cela on a eu tort, et qu'il est possible de composer artificiellement des engrais supérieurs au fumier et plus économiques.

On a dit encore : la prairie est le point de départ obligé de toute bonne agriculture, parce qu'avec la prairie on a du bétail, et avec celui-ci du fumier. Pour nous, ces prétendus axiomes sont de véritables hérésies, et j'espère vous démontrer que, dans la situation présente, toute amélioration agricole, pour être rémunératrice, doit prendre son point de départ dans une importation d'engrais artificiels. La production du fumier a perdu, sans retour, le caractère de nécessité imposée à la culture; il n'y a plus là qu'une question de convenance et de prix de revient.

Pour résoudre avec sûreté ces questions importantes, il nous faut, avant tout, rester fidèle au plan que nous nous sommes tracé, et en premier lieu définir le degré d'utilité des divers éléments dont les végétaux se composent ; rechercher les formes sous lesquelles leur assimilation est la plus facile et leur effet utile le plus sûr ; formuler, enfin, les règles d'après lesquelles on doit les associer pour en faire des engrais d'une grande puissance.

Dans notre prochain entretien, nous aborderons notre sujet sous ce nouvel aspect, ce qui nous fera entrer dans le domaine des applications et de la pratique.

GEORGES VILLE,
Professeur-administrateur au Muséum d'histoire naturelle.

BULLETIN DES COURS.

Faculté des sciences de Paris.

COURS DE CHIMIE. — Les deux chaires de chimie se trouvaient vacantes par suite de la démission de M. Dumas, devenu directeur de la Monnaie en remplacement de feu M. Pelouze, et de M. Balard nommé inspecteur général. En conformité des présentations de la Faculté, M. Henri Sainte-Claire Deville et M. Pasteur ont été nommés à ces deux chaires.

Une modification utile a été introduite à cette occasion dans l'enseignement de la chimie à la Faculté des sciences. Jusqu'ici le premier semestre était consacré aux métalloïdes, et le second aux métaux avec quelques notions de chimie organique forcément restreintes à un nombre de leçons tout à fait insuffisant. Désormais l'enseignement de la chimie organique comprendra tout le second semestre, et sera ainsi mieux en rapport avec l'importance sans cesse croissante de cette partie de la chimie. Cet enseignement sera donné par M. Pasteur. Le premier semestre sera consacré à l'étude des métaux et des principes généraux de la chimie, et le professeur s'arrangera de façon à y faire entrer les grandes expériences qu'on ne peut voir dans les cours publics qu'à la Sorbonne, et qui figuraient autrefois dans les leçons sur les métalloïdes.

L'étude des métalloïdes se trouve ainsi supprimée. Mais il ne faut pas oublier que cette étude constitue en quelque sorte les débuts de la chimie et qu'elle a déjà été faite, avec certains développements, dans les établissements d'enseignement secondaire, par les auditeurs de la Sorbonne. Il se fait, d'ailleurs, à Paris, dans d'autres établissements publics, notamment à l'École de pharmacie, et aussi à la Faculté de médecine, d'excellents cours élémentaires de chimie, où les propriétés métalloïdes sont étudiées avec les développements nécessaires et qui suffisent largement à tous les besoins des débutants.

M. H. Sainte-Claire Deville a ouvert son cours jeudi dernier, 26 décembre, à midi et demi, au milieu d'un nombreux et sympathique auditoire, où l'on remarquait beaucoup de membres de l'enseignement supérieur. Ce cours continuera les lundis et jeudis à midi et demi, à partir du 6 janvier 1868. Avant d'entrer dans l'étude des métaux, M. H. Sainte-Claire Deville consacrera un certain nombre de leçons aux principes généraux de la chimie et à leurs relations avec la mécanique de la chaleur. Ces leçons paraîtront dans la *Revue*.

Muséum d'histoire naturelle.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE (les lundis, mercredis et vendredis, à deux heures et demie). — M. PAUL BERT, docteur ès sciences, ouvrira ce cours le lundi 6 janvier 1868, à deux heures et demie. Il traitera de la *Physiologie comparée de la respiration*.

Faculté de médecine de Paris.

En conformité des présentations de la Faculté, M. Verneuil a été nommé professeur de pathologie chirurgicale, et M. Sappey, professeur d'anatomie normale. La promotion de M. Sappey rend vacante la place de chef des travaux anatomiques, avec le cours d'anatomie descriptive attaché à cette place.

Enseignement libre de la Sorbonne.

Le ministre de l'instruction publique vient d'organiser, à la Sorbonne, une série de *cours annexes*, qui se font dans la salle de la rue Gerson. C'est une première tentative pour introduire en France l'institution si utile des *privat docenten*, qui rend tant de services aux universités allemandes. Jusqu'ici, deux sciences seulement sont représentées sur le programme. Mais nous espérons qu'il se développera bientôt, et servira à mettre en lumière des talents qui ne trouvaient point jusqu'ici l'occasion de se produire en public, en même temps qu'il fournira de nouveaux moyens de publicité aux idées scientifiques indépendantes. Enfin, l'enseignement officiel y trouvera une pépinière et un lieu d'épreuves qui lui manquaient jusqu'ici.

Voici les deux seuls cours scientifiques organisés en ce moment :

MATHÉMATIQUES (les lundis et mercredis, à une heure). — M. ÉMILE MATHIEU, docteur ès-sciences, traitera des Méthodes d'intégration en physique mathématique.

MÉTÉOROLOGIE (les lundis, à deux heures et demie). — M. MARIÉ DAVY, astronome à l'Observatoire, traite des Mouvements généraux de l'atmosphère et de leurs rapports avec les variations du temps.

Soirées scientifiques de la Sorbonne.

M. GUSTAVE LAMBERT a fait le vendredi 3, à huit heures du soir, une conférence sur son expédition au pôle Nord.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 6 | 11 JANVIER 1868

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

CHIMIE MINÉRALE.

COURS DE M. HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1)

(de l'Institut).

Principes généraux de la chimie d'après la thermodynamique.

Messieurs,

Il y a quinze ans que, dans cette chaire, en suppléant mon illustre maître M. Dumas, j'ai eu l'occasion d'exprimer aux auditeurs des cours de Sorbonne les regrets que laisse à l'enseignement de la chimie la retraite prématurée d'un savant aussi éminent et d'un professeur aussi éloquent. Aujourd'hui que je lui succède, je le vois tellement ferme de cœur, tellement dévoué à la science, que je dois regretter encore une fois devant vous de ne plus le trouver à cette place, dans cette chaire où j'ai appris de lui la chimie, d'où il a fait rayonner son influence sur tous les hommes qui appartiennent à son école, et dans laquelle j'essayerai du moins de suivre son exemple, ou plutôt de marcher de loin sur ses traces. M. Dumas nous a donné le modèle du savant passionné pour la science, qui en fait la propagande avec ardeur, du professeur qui a voulu être le premier à initier ses élèves à tous les progrès de la chimie, de l'homme toujours inspiré par l'amour du juste et du vrai dans de grandes et solennelles discussions scientifiques, dont il n'est sorti jamais que la lumière.

Je voudrais, messieurs, en imitant l'homme bienveillant et dévoué qui fut mon maître, vous faire aimer notre science, en m'inspirant de ses travaux, de ses idées; vous amener le plus vite, le plus loin possible sur le vrai terrain de la science; enfin, en vous donnant comme lui l'exemple incessant du travail de laboratoire, vous décider à y entrer résolûment pour pratiquer l'expérience, et chercher par son moyen la vérité dans les sciences naturelles.

Car, messieurs, il ne faut pas l'oublier, la chimie est une science naturelle. Nous étudions, nous observons, nous expérimentons la matière telle qu'elle est faite. Les pierres, les minéraux, dont je m'occuperai dans le premier semestre, les éléments des êtres organisés dont mon illustre confrère M. Pasteur fera devant vous l'étude pendant le second semestre, tout ce qui se trouve autour de nous sur la terre nous est offert comme l'objet illimité d'un travail sans fin. Quoi que nous fassions, quelles que soient les tendances contemporaines à l'abstraction, nous devons employer, pour arriver à la découverte de la vérité, les méthodes usitées dans les sciences naturelles. Établissons les analogies, constatons les ressemblances et les différences de tout ordre, faisons peu à peu le travail d'une classification qui sera longtemps, qui sera peut-être toujours incomplète; expérimentons constamment pour prouver la légitimité des principes qui nous guident ou pour en démontrer l'imperfection et l'inexactitude; mais jamais ne nous fions un instant aux hypothèses, et surtout jamais ne donnons un corps et une réalité aux abstractions que nous impose la faiblesse de notre nature. Je m'explique. Toutes les hypothèses admises aujourd'hui disparaîtront nécessairement de la science. Je ne fais aucune exception, même en faveur de cette théorie des ondulations, admirable conception de l'esprit humain, où l'hypothèse de l'éther lumineux laisse encore bien à désirer. Quant aux abstractions, elles sont nuisibles lorsqu'on oublie leur origine et leur entrée dans la science, et elles nous conduisent alors à ce mysticisme scientifique dont la chimie donne en ce moment un dangereux exemple.

Autrefois on admettait dans le nuage orageux la présence d'un être supérieur, de Jupiter Tonnant, armé de la foudre et en faisant un usage réfléchi, quoique aveugle en apparence. Jupiter, que la Fontaine nous montre si débonnaire, que des comédies d'hier nous font trouver si ridicule, mon imagination peut, sans effort, me le représenter comme la cause du tonnerre. Plus tard cette explication disparaît; et, comme aujourd'hui, nous pouvons étudier l'électricité au moyen de petites machines imitant à merveille les effets produits dans la nature; nous comprenons, en nous rapprochant du phénomène, que sa cause nous est absolument inconnue; et nous convenons implicitement de notre ignorance lorsque nous adoptons un nom, l'électricité, qui ne désigne que des phénomènes observés. — Mais bientôt nous supposons que ces phénomènes sont dus à un fluide, le fluide électrique. — Que nous représente-t-il? Est-ce un gaz? Non, puisqu'il est impondérable. C'est une abstraction de notre esprit, et par cela même une négation de l'idée de cause, et cependant bien des personnes croient aujourd'hui à ce fluide, matière qui serait dénuée de masse, et par conséquent incapable de produire les effets mécaniques si terribles de la foudre, substance qui n'a aucune analogie avec aucune de celles que nous voyons

(1) Voyez d'autres leçons de M. Henri Sainte-Claire Deville dans la *Revue des cours scientifiques*, tome IV, p. 241 et 245 (16 mars 1867), sur *l'affinité et les phénomènes mécaniques de la combinaison*; — tome II, p. 18 et 75 (10 et 31 décembre 1864), sur *la dissociation et les densités de vapeur*; — tome II, p. 374 (6 mai 1865), sur *les méthodes générales de réduction des métaux*; — tome I, p. 297, sur *les lois de constitution des sels et les lois de Berthollet*; — et tome I, p. 365, sur *l'aluminium*.

ou nous touchons. C'est une abstraction à laquelle nous donnons un corps sans que notre imagination puisse en rien nous la faire concevoir comme on conçoit le Jupiter des anciens. Disons tout simplement que nous ignorons absolument la cause des phénomènes électriques; étudions ceux-ci avec le plus grand soin, comparons-les aux phénomènes de la chaleur, établissons les analogies, mesurons les effets; et, grâce à l'expérience et aux procédés du raisonnement employé dans les sciences naturelles, nous composerons une science sérieuse et nous fonderons un monument impérissable dans toutes ses parties.

Il en est de même en chimie. — L'hypothèse des atomes, l'abstraction de l'affinité, des forces de toute sorte que nous faisons présider à toutes les réactions des corps que nous étudions, sont de pures inventions de notre esprit, des noms que nous faisons substances, des mots auxquels nous prêtons une réalité. — Toutes ces hypothèses, toutes ces abstractions, ne sont heureusement pas indispensables. Nous étudierons ici les phénomènes chimiques, nous établirons leurs similitudes ou leurs différences; nous expérimenterons pour établir une classification provisoire, et nous constituerons ainsi une science dont toutes les parties échapperont à toute critique.

Voici un exemple bien frappant de l'application qu'on peut faire de ces méthodes. Quand on sature une dissolution d'acide sulfurique par une dissolution de potasse, en les mélangeant en proportions convenables, on se demande ce que sont devenus les éléments après la combinaison. Une première hypothèse, la plus ancienne, nous fait admettre que l'acide et la base subsistent dans le sel, ce qu'exprime la formule rationnelle SO^3,KO du sulfate de potasse. Une autre hypothèse nous ferait croire que les éléments se seraient groupés de manière à représenter un système SO^4 absolument inconnu qui s'unirait au potassium. Aucune de ces hypothèses n'est nécessaire; aucune, le dirai-je, n'est utile. Cherchons, en effet, des analogies qui nous permettent de nous guider, en nous adressant à des corps simples bien connus.

Le phosphore rouge ne diffère essentiellement du phosphore blanc que par une différence entre les quantités de chaleur totale contenues dans ces deux modifications d'un même corps; car en donnant de la chaleur au phosphore rouge, on le transforme en phosphore blanc. Quand on mélange de l'acide sulfurique et de la potasse, le premier et le seul phénomène qui se manifeste est un dégagement de chaleur qui diminue d'une manière notable dans la combinaison la quantité de chaleur contenue dans l'acide et la base du sel. Le sulfate de potasse ne diffère donc de ses deux éléments que par la chaleur dégagée. Et si, par les moyens connus, on rend au sel la chaleur qu'ont perdue l'acide et la base, on le transforme de nouveau en ses éléments qui se séparent l'un de l'autre et retournent à leur état primitif. — Or, si l'acide sulfurique et la potasse ont perdu de la chaleur, ils ne sont plus ce qu'ils étaient avant la combinaison; ils sont à ce qu'ils étaient avant la combinaison ce que le phosphore rouge est au phosphore blanc; en un mot, leur état calorifique a changé profondément. On ne peut donc admettre dans le sulfate de potasse la présence simultanée de l'acide sulfurique et de la potasse tels que nous les connaissons à l'état de liberté.

Tout aussi bien la théorie atomique ne nous permet guère, quoi qu'on en dise, d'admettre un groupement SO^4,K, ce qui veut dire, pour être clair, une combinaison du radical hypothétique SO^4 avec le potassium. En effet, le seul avantage de la théorie atomique est de nous débarrasser de l'idée complexe de la combinaison des masses matérielles, en les remplaçant par l'hypothèse simple de la superposition des atomes ou masses indéfiniment petites et indivisibles chimiquement. Dès que la combinaison n'est plus qu'une juxtaposition, comme s'il s'agissait de molécules de même nature, il est clair que l'atome simple n'a pour ainsi dire plus de propriétés chimiques dans la molécule complexe; il se juxtapose, et rien de plus, à un autre atome. S'il y a deux, trois, quatre de ces atomes ensemble, ils s'unissent simplement en s'accolant les uns aux autres, sans se modifier mutuellement; car ils ne sont pas modifiables par hypothèse. L'idée de l'atome est donc incompatible avec l'expression d'une formule dite rationnelle, et c'était le sentiment de Gerhardt. Au fond, les formules rationnelles n'expliquent rien. Elles indiquent simplement la possibilité d'extraire d'un système chimique complexe des éléments moins complexes eux-mêmes au moyen de certains procédés indiqués par l'expérience. Ainsi, en décomposant les sulfates par la chaleur, on les sépare en acide sulfurique et en base. En décomposant ces mêmes sulfates par la pile, on les transforme en métal qui se rend au pôle négatif, en acide sulfurique et oxygène (SO^4) qui se rendent au pôle positif de la pile. La comparaison d'un sel avec les corps simples modifiés par la chaleur supprime ici toute hypothèse.

Je désire, dans cette leçon, définir les mots *force*, *force vive*, *travail*, *intensité*, *énergie*, dont je me servirai souvent, mais en ne leur donnant jamais l'acception vague qu'on leur prête ordinairement. Mais avant tout, il faut que je vous dise quelques mots d'une science nouvelle, la thermodynamique, dont les propositions aujourd'hui parfaitement démontrées nous serviront de guide et nous donneront des arguments dans un grand nombre de circonstances.

La chaleur n'a pas besoin d'être définie, nos sens la perçoivent. C'est assez pour que son existence n'ait pas besoin d'être démontrée, pour que nous lui rapportions exactement les effets qu'elle produit. Mais sa cause première nous est absolument inconnue. Tout nous porte à croire qu'elle résulte du mouvement des particules intimes de la matière, ou de la vibration d'une matière dont la nature échappe absolument à toute conception, parce qu'elle ne nous est indiquée par aucune analogie: c'est l'éther lumineux et calorifique. Mais aucune de ces hypothèses, de ces abstractions n'est indispensable à l'intelligence des faits que je vais développer devant vous.

L'expérience nous apprend que toutes les fois qu'une machine thermique, une machine à vapeur, par exemple, est en mouvement, qu'elle produit un travail, il se perd une certaine quantité de chaleur qu'il est impossible de retrouver par aucun moyen. — Ainsi j'introduis de la vapeur sous le piston d'une machine qui soulève 1 kilogramme à 425 mètres de hauteur; cette vapeur est, par exemple, à 100 degrés, et nous savons qu'elle contient par kilogramme 637 calories de plus que l'eau liquide prise à 0 degré. Après que le piston a effectué le travail supposé, c'est-à-dire a soulevé 1 kilogramme à 425 mètres, si nous condensons cette vapeur sans perte aucune dans un calorimètre qui la ramène à 0 degré, nous ne trouvons pas déposée dans ce calorimètre la quantité de chaleur introduite avec la vapeur dans le cylindre, mais une calorie de moins. Une calorie a donc été perdue ou plutôt a été transformée dans le travail employé à élever 1 kilogramme à 425 mètres. — Si nous convenons d'appeler kilogrammètre le

travail nécessaire pour élever de 1 mètre 1 kilogramme, nous dirons que cette calorie, en disparaissant, a produit 425 kilogrammètres, qu'une calorie équivaut à 425 kilogrammètres. Enfin, nous appellerons équivalent mécanique de la chaleur ce nombre : $E = 425^{km}$, qui sera le même, quelle que soit la machine thermique avec laquelle nous aurons produit ce travail.

Le même équivalent se retrouvera encore lorsque vous voudrez transformer le mouvement en chaleur, et je prendrai comme exemple la grande expérience de M. Foucault.

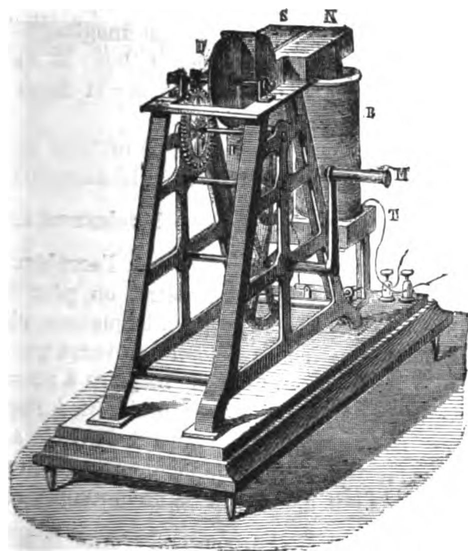


Fig. 10. — Appareil de M. Foucault.

Une pile électrique transforme en un aimant puissant un fer à cheval garni d'un conducteur entouré de soie, et l'aimantation cesse dès que le courant de la pile est interrompu. Si vous faites tourner avec une extrême rapidité un disque de cuivre placé entre les deux montants verticaux du fer à cheval non aimanté, le disque de cuivre ne s'arrêtera que lorsque le frottement de son axe contre les coussinets qui le soutiennent et la résistance de l'air auront détruit ce mouvement, ce qui demandera beaucoup de temps. Mais si, pendant que le disque tourne très-vite, vous faites passer le courant au travers des fils métalliques qui entourent le fer à cheval, celui-ci deviendra un aimant puissant capable de déterminer dans le cuivre des courants d'induction dont l'effet sera d'arrêter presque subitement le disque tournant.

Son mouvement sera donc détruit, et par conséquent se transformera en chaleur dont l'effet sera d'élever la température du disque d'une quantité faible, mais sensible. Cette température pourra être beaucoup augmentée si vous continuez à faire tourner le disque de cuivre pendant que le fer à cheval est aimanté. Au bout de quelques minutes, cette température montera à 50 ou 60 degrés. Mais l'effort que l'opérateur est obligé de faire pour vaincre la résistance du disque de cuivre, si mobile en toute autre circonstance, devient considérable. Si nous connaissons le nombre de kilogrammes que cet opérateur aurait pu, en faisant le même effort, porter à un mètre de hauteur, ce nombre, divisé par l'équivalent mécanique $E = 425$, aurait donné la quantité de chaleur déposée dans le disque de cuivre. Cette quantité de chaleur aurait été égale à une calorie pour un effort capable de porter un kilogramme à 425 mètres, ou 425 kilogrammes à un mètre (ce qui est la même chose), ou de produire un travail égal à 425 kilogrammètres.

Je choisirai encore, parmi les nombreuses méthodes destinées à fixer l'équivalent mécanique de la chaleur, celle de M. Favre, à qui la thermochimie est si redevable, et qui va nous procurer un admirable exemple de l'utilisation des chaleurs produites par les réactions chimiques et de leur transformation en mouvement.

M. Favre a introduit un élément de pile dans un des moufles de son calorimètre, et il a vu que, pendant le temps nécessaire pour dissoudre une quantité donnée de zinc, il se produit une certaine quantité de chaleur qu'il a pu mesurer. A cette même pile il a relié dans le moufle calorimétrique une petite machine électromagnétique qui, agissant sous l'influence du courant et au moyen d'un fil très-fin, sur un poids connu, l'élevait à une hauteur déterminée, par exemple 425 grammes à un mètre ($0^{km},425$). La pile fonctionnant dans de pareilles conditions, c'est-à-dire effectuant le travail $0^{km},425$, a produit une quantité beaucoup moindre de chaleur que dans le premier cas, et la diminution pendant l'ascension du poids a été de $0^{cal},001$, ou la quantité de chaleur nécessaire pour élever un gramme d'eau de 0 à 1 degré. D'où l'on conclut que l'équivalent mécanique est encore ici de 425 kilogrammètres, ou plutôt un nombre très-voisin et presque identique avec ceux qui ont été obtenus déjà par des méthodes très-diverses.

Ainsi, toutes les fois qu'un certain travail sera détruit par le choc, le frottement ou toute autre cause, il sera représenté par une certaine quantité de chaleur, qui sera en calories la 425e partie du travail anéanti en apparence.

Toutes les fois que, dans une machine ou partout ailleurs, une certaine quantité de chaleur sera anéantie (je ne dis pas communiquée aux corps voisins, comme dans le refroidissement ordinaire), il se produira un travail dont la valeur en kilogrammètres sera 425 fois le nombre de calories détruit en apparence.

Donc, dans la nature, aucun mouvement ne se détruit, comme il ne s'en crée aucun. Mais, à chaque instant, le mouvement se transforme en chaleur, laquelle on peut transformer en électricité, et par suite en agent capable de produire ou de détruire toutes les combinaisons chimiques. Nous verrons que la chaleur, qui peut être considérée comme la cause de tous les mouvements de la nature, est aussi la cause de tous ces mouvements intimes auxquels nous donnons le nom de combinaisons ou de décompositions chimiques, la cause en général de tous les changements d'état de la matière.

§ Ier. — Force.

Les questions primordiales de la physique et de la chimie tendent aujourd'hui à se ramener à des questions de mécanique. Or, en tête de la mécanique se trouve la définition du mot *force*, comme étant la cause du mouvement ; en tête de tous les ouvrages de physique et de chimie se trouve l'emploi du mot *force* considéré comme la cause des phénomènes que comprend l'étude de ces sciences. Il faut donc que nous nous rendions un compte exact et précis des acceptions diverses dans lesquelles est prise cette dénomination.

La seule force dont nous ayons conscience, c'est la force

morale, c'est la volonté. Quoi que nous fassions, c'est toujours à des actes de la volonté que nous rapportons, que nous comparons tous les phénomènes physiques que nous croyons expliquer en les faisant dériver de forces générales ou particulières. Les mots employés dans toutes les langues suffiraient à prouver cette assertion. Les termes latins *vis*, *vires*, *virtus*, qui expriment en même temps la force et le courage; les mots *attraction* et *répulsion*, qui indiquent primitivement une action de la main qui amène à soi ou qui rejette loin de soi un objet dont la pression, la résistance s'exerce sur nos organes pour céder à la volonté. Comment imaginer que la matière attire la matière, si ce n'est en supposant dans celle ci une multitude de petites mains qui exercent sur elle leur action, soit directement, soit par l'intermédiaire de liaisons rigides?

Qu'on y réfléchisse attentivement, on verra qu'on ne peut imaginer dans la matière une action, une force, une cause de mouvement quelconque qu'à la condition de lui prêter par hypothèse une sorte de volonté. Or, entre la volonté et son exécution par nos organes, il y a un abîme; aucun système plausible d'explication ne peut même être proposé dans l'état actuel de la science. Il en résulte que nous ne comprenons d'aucune façon (même en nous) la cause immédiate de nos mouvements, et c'est si vrai, qu'en physiologie les vrais savants n'étudient que les effets, en laissant de côté toute cause première. Dans les phénomènes de la nature extérieure, il en est de même, et à plus forte raison. Aussi le véritable progrès dans les sciences physiques consistera, j'en suis sûr, à étudier les mouvements, les effets, sans se préoccuper aucunement de leur origine, sans faire l'hypothèse de la force, qui consiste simplement à prêter à la matière la volonté qui ne peut être qu'en nous et dans les êtres qui en sont doués. Autrement la force devient une abstraction, c'est-à-dire une fiction, un mot auquel, à force de nous en servir, nous donnons un corps et une interprétation erronée.

Il paraîtra étrange d'affirmer que, même en mécanique, toute notion de la cause du mouvement, de la force, est absolument inutile. En effet, tous les problèmes qui la concernent exigent uniquement la connaissance de deux quantités mesurables par nos sens : l'accélération, qui est l'expression numérique du déplacement de la matière dans l'espace, et la masse, qui est la quantité de matière déplacée. Le produit mg de ces deux nombres, qui représentent la masse et l'accélération, peut être appelé *force*. Le mot *force* (1) représente donc un produit de deux nombres, et non la cause du mouvement de la matière; car si nous voulons imaginer cette cause, nous ne trouvons de point de comparaison, de point d'appui qu'en nous-mêmes, que dans la volonté qui n'a rien de commun avec la matière, celle-ci ne pouvant jamais être considérée comme active par elle-même.

Le poids d'un corps est le produit de sa masse par l'accélération due à la pesanteur dans le lieu où l'on se trouve; de sorte que le poids représenté par le produit mg représente tout aussi bien une force. C'est même la seule manière d'introduire dans les considérations de la mécanique l'idée d'une force constante. On la figure partout en imaginant un poids qui agit dans une direction donnée, et dont la valeur est représentée par une longueur comptée sur la ligne suivant laquelle s'exerce son action.

La masse qui représente la quantité de matière est absolument indépendante du poids et de l'accélération due à la pesanteur, car la fraction $\frac{p}{g}$ qui en donne la valeur est constante, le poids variant de la même manière que l'accélération. Si, au moyen d'un ressort ou dynamomètre, on pèse un litre d'eau distillée à 4 degrés, au pôle, à l'équateur et sur un point quelconque pris sur un méridien, on verra que le poids de cette même masse d'eau varie de manière à prendre une valeur maximum au pôle, une valeur minimum à l'équateur, et des valeurs décroissant régulièrement du pôle à l'équateur. Mais le poids diminue dans le même rapport que l'accélération ou augmentation de la vitesse de chute par seconde; de sorte que le rapport $\frac{p}{g}$ reste constant comme la masse que ce rapport représente.

Aussi, pour nous, une force constante pourra toujours être représentée par un poids. Les valeurs relatives des poids ou des forces nous sont données par l'action qu'ils exercent sur des balances ou dynamomètres. Mais la notion première du poids est toujours corrélative de la pression qu'un corps exerce sur notre main quand celle-ci s'interpose entre la terre et lui. Les mots *force*, *poussée*, *résistance*, répondent toujours à la sensation qu'éprouvent nos organes dans le cas où ils en reçoivent une pression, qui est d'autant plus intense que la masse et l'accélération sont elles-mêmes plus grandes. Ainsi, un litre d'eau comprime plus la main d'un observateur qui serait placé au pôle que s'il était transporté à l'équateur. On peut dire que cette pression est proportionnelle à la masse du corps et à l'accélération qu'il prend en tombant en chaque lieu vers la terre.

§ II. — Travail.

Lorsqu'un homme soulève un poids p et le transporte à une hauteur verticale h, on dit qu'il a produit un travail égal au produit ph, au poids multiplié par son déplacement vertical: c'est l'effet produit par l'action qu'il exerce sur la matière pour la mettre en mouvement. En général, si un mobile possédant une masse m, et animé d'un mouvement dont l'accélération est g, parcourt un espace h mesuré sur la direction que prend naturellement le mobile, quand aucun obstacle ne change cette direction, le produit mgh représente le travail qu'accomplit alors le mobile. Il faut remarquer que g et h représentent ici des longueurs, exprimées en mètres par exemple, et que le travail peut être dès lors considéré comme le

(1) Quand on dit que les forces sont proportionnelles aux masses auxquelles elles impriment la même accélération, on exprime seulement ce fait incontestable, qu'il faut, pour soulever deux volumes égaux de la même matière, un effort double de celui qui est nécessaire pour soulever un seul de ces deux volumes, quelle que soit la vitesse avec laquelle ces corps s'échapperaient ou tomberaient, pourvu qu'elle soit la même pour tous les deux.

Quand on dit que les forces sont proportionnelles aux accélérations qu'elles communiquent à une même masse, on exprime ce fait, qu'un même corps auquel on communique successivement des accélérations doubles l'une de l'autre exerce successivement sur nos organes deux actions dont l'une est le double de l'autre.

On peut démontrer ces deux propositions au moyen de la machine d'Atwood, au moyen des poids : 1° en étudiant le mouvement produit par un même poids additionnel agissant sur des masses variables; 2° en étudiant le mouvement produit par des poids additionnels variables agissant sur une masse invariable.

On sait d'ailleurs que la fraction $\frac{p}{g}$ est invariable.

produit d'une surface par la masse. Cette observation nous servira plus tard.

L'introduction de l'idée de travail dans la mécanique correspond à l'un des plus grands progrès de la science moderne. Quelles que soient les causes qui produisent le mouvement dans la nature, nous pouvons toujours en comparer les effets en comparant entre eux les travaux effectués sous leur influence, et nous arrivons à cette idée générale de la transformation de ces causes et de l'équivalence de leurs effets exprimés en travail.

Ainsi la chaleur peut être la cause du mouvement des organes d'une machine à vapeur. De même le mouvement peut être transformé en chaleur, et l'on a trouvé très-exactement le chiffre qui exprime l'équivalence d'une calorie ou unité de chaleur au travail d'une machine donné par un certain nombre de kilogrammètres ou de kilogrammes élevés à un mètre de hauteur verticale.

Il faut bien remarquer que la notion du travail est absolument indépendante du temps pendant lequel il s'exécute. Quand on fait intervenir le temps, on introduit alors l'idée de la vitesse, et par suite de la force vive.

§ III. — Force vive.

Quand un corps se meut dans l'espace d'un mouvement uniforme, parcourant des espaces égaux en des temps égaux, on peut supposer à l'origine du mouvement telle cause que l'on voudra, dont l'effet aura été d'enlever le mobile au repos. Mais comme la matière ne peut pas plus modifier par elle-même son mouvement qu'elle ne peut sortir du repos, elle se meut d'un mouvement uniforme en vertu de son inertie ou de cette indifférence même qu'on est obligé de lui supposer. On n'a besoin donc d'attacher au mouvement uniforme l'idée d'aucune cause actuellement existante et agissant sur le mobile pour le maintenir dans cet état de mouvement.

Mais si ce mouvement s'accélère ou se ralentit, il est impossible de ne pas imaginer une main placée derrière ou devant le mobile qui le pousse ou qui le retient de manière à modifier son mouvement. C'est ainsi qu'on se figure la cause du mouvement varié.

Si cette main agit pour exercer à chaque instant la même pression ou la même résistance sur le mobile, le mouvement devient uniformément accéléré ou retardé. Dans le cas du mouvement uniforme, la vitesse ou l'espace parcouru dans l'unité de temps est une notion qui se fixe dans notre imagination d'une manière très-claire. La vitesse se représente par une longueur invariable, un certain nombre de mètres par exemple.

Dans le cas du mouvement uniformément varié, accéléré par exemple, il n'en est plus de même. La vitesse augmente à chaque instant; par conséquent, nous ne pouvons l'imaginer qu'en supposant arrêtée, par hypothèse et à un moment donné, l'action incessante et régulière de cette impulsion que subit le mobile, et en calculant la vitesse qu'il aurait à ce moment, s'il continuait à se déplacer d'un mouvement uniforme. C'est la définition de la vitesse de ce mouvement.

On établit dans les éléments de la mécanique, qu'en prenant un mobile dont la masse est l'unité, on exprime que son accélération, ou l'accroissement de sa vitesse à chaque instant, est indépendante du temps par l'équation

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2h}{dt^2} = g,$$

ce qui donne

$$v = \frac{dh}{dt} = b + gt,$$

et enfin

$$h = a + bt + \tfrac{1}{2} gt^2,$$

h étant l'espace parcouru, a et b des constantes.

Si g représente l'accélération due à la pesanteur, et si le mobile part de l'origine des h et ne possède aucune vitesse initiale, on a les deux équations du mouvement des corps pesants :

$$v = gt,$$
$$h = \tfrac{1}{2} gt^2,$$

et enfin

$$v^2 = 2gh.$$

Cette équation peut se généraliser : on peut l'étendre, au moyen de l'artifice ordinaire du calcul différentiel, à la vitesse d'un mouvement varié quelconque, dans lequel l'accélération g peut être une fonction du temps. C'est donc une loi générale du mouvement en mécanique.

Il est bien utile de s'expliquer comment cette expression reçoit dans les sciences physiques des applications très-fréquentes. Aujourd'hui un grand nombre de phénomènes physiques, en particulier les phénomènes lumineux et calorifiques, s'expliquent par des vibrations qu'on suppose animer une substance impondérable à laquelle on a donné le nom d'éther. On est, en réalité, obligé de rapporter tous les phénomènes de lumière et de chaleur à un mouvement de l'éther, comme on rapporte les phénomènes du son à un mouvement de l'air, parce que c'est le seul moyen aujourd'hui connu d'expliquer les interférences lumineuses et calorifiques. Des mouvements qui se produisent en sens inverse, c'est-à-dire qui possèdent des signes contraires, se détruisent (ou plutôt se transforment de manière à paraître se détruire) par le contact des mobiles qui en sont animés. Or, dè la lumière peut s'ajouter à de la lumière pour l'éteindre, de la chaleur peut s'ajouter à de la chaleur pour produire un froid relatif, c'est-à-dire la lumière et la chaleur peuvent interférer. On en conclut que la cause de ces phénomènes est due à des mouvements.

Dans ces phénomènes, je suppose que l'on considère les molécules vibrantes comme ayant parcouru dans le même sens et dans la direction de leurs vibrations l'unité de distance ; on pourra considérer ce travail comme représentant l'intensité de la cause inconnue. Les intensités relatives à ces phénomènes seront proportionnelles au produit gh (h devenant ici l'unité, les intensités seront proportionnelles aux accélérations), par suite à $2g$, et par conséquent à v^2, c'est-à-dire au carré de la vitesse des vibrations.

L'intensité des phénomènes lumineux est donc représentée par le carré de la vitesse des vibrations des molécules de l'éther. Dans les phénomènes calorifiques, il en est absolument de même; seulement, ici, nous avons un instrument de mesure pour les intensités, c'est le thermomètre à air. Et nous admettons que les températures sont proportionnelles aux carrés des vitesses des vibrations des molécules de l'éther qui transmettent la chaleur. En réalité, cela revient à prendre pour la mesure de l'*intensité* I d'un certain nombre d'effets ou de mouvements, soit les rapports entre les accélér...

g, g'..... qui les produisent, en supposant que les molécules vibrantes se sont déplacées de l'unité de distance, soit les rapports entre les carrés des vitesses v, v'..... des vibrations de ces molécules. On a donc :

$$\frac{1}{1'}=\frac{v^2}{v'^2}=\frac{g}{g'}.....$$

C'est de cette manière qu'on peut en physique remplacer la mesure des accélérations, qu'il serait quelquefois difficile de constater, par des mesures de vitesse, ou, ce qui revient au même, par la mesure du nombre des oscillations d'un pendule, d'une aiguille aimantée, etc., dans un temps donné.

Quand, dans l'équation $v^2=2gh$, on remplace g par sa valeur $\frac{p}{m}$, on a l'équation des forces vives

$$\frac{1}{2}mv^2=ph.$$

L'expression de la force vive, c'est-à-dire du produit de la masse par le carré de la vitesse mv^2, est celle-ci : elle est égale au double du travail produit sous l'influence de la cause motrice. La force vive n'est pas une force ou cause de mouvement, c'est l'équivalent d'un travail, et elle doit s'exprimer en kilogrammètres. Pour se figurer le travail correspondant à la force vive elle-même, il faut concevoir une machine dont le mouvement est régularisé par un volant. La force vive mv^2 dont est animé ce volant représentera à chaque instant le double du travail $2ph$ effectué par la machine. Quand cette machine soulèvera régulièrement un poids p à une hauteur $2h$, la vitesse du volant deviendra uniforme et égale à v, et la somme algébrique des travaux sera nulle. Si l'on supprime alors l'action de la force motrice, le volant ne s'arrêtera que lorsqu'il aura accompli un travail égal à $2ph$. C'est pour cela que le volant peut être considéré comme un magasin de travail, à cause de la force vive accumulée en lui par suite de l'action du moteur.

Le principe de la conservation des forces vives est la base de la mécanique; le principe de la conservation du travail, ou plutôt de sa transformation sans perte ni gain dans la nature, est la base d'une science moderne, la thermodynamique, dont les éléments nous seront indispensables pour bien comprendre les phénomènes calorifiques de la chimie.

On a l'habitude d'exprimer par une force vive ce que l'on appelle l'intensité d'une action chimique ou physique. Cela tient d'abord à ce que la cause à laquelle on attribue ce phénomène est toujours la vibration d'une molécule d'éther ou d'une molécule matérielle, et ensuite à ce que l'on prend pour unité la moitié de la masse de la molécule vibrante : de cette sorte le produit $\frac{1}{2}mv^2$, ou force vive, se confond avec le carré de la vitesse de vibration de la molécule, et peut servir de mesure à son accélération g, et par suite à la cause de son mouvement lui-même. Si l'on n'accepte pas cette définition de l'intensité des phénomènes, on tombe dans le vague qui a souvent accompagné l'emploi des termes de mécanique dans la physique ou la chimie. Si l'on se sert d'ailleurs du mot intensité sans l'avoir ainsi défini, ce terme n'exprime plus qu'une qualité d'un phénomène tel que celui d'être considérable, intense, par conséquent n'a rien de commun avec l'acception précise que nous venons de lui donner.

§ IV. — Énergie.

Le mot *énergie* est un terme auquel on est convenu de donner une acception fixe avec laquelle il doit entrer aujourd'hui dans la science, à moins qu'on ne lui prête ce sens absolument vague avec lequel il entre dans le langage ordinaire. L'équation générale des forces vives,

$$dmv^2=2\,(X\,dx+Y dy+Z dz)$$

étant intégrée, donne trois termes dont l'un est une constante, le second la somme des forces vives, et un troisième terme F, qui est le maximum du travail qui puisse être effectué quand le système soumis à l'action de forces centrales passe sous leur influence de la position actuelle à une autre position quelconque. On a donc :

$$\frac{1}{2}\Sigma mv^2+F=\text{const.}$$

Il est convenu que l'on appellera la constante l'*énergie totale* du système. Elle représente la somme des puissances vives et du travail F, et elle est constante, quelles que soient les modifications du système, pourvu qu'aucune force extérieure ne vienne agir sur celui-ci.

Le terme $\frac{1}{2}\Sigma mv^2$ sera l'*énergie actuelle*, ainsi appelée parce qu'elle dépend uniquement des vitesses actuelles des divers points du système, quels que soient ses états antérieurs. Enfin, le terme F représente l'*énergie potentielle*. Cette fonction ne peut être déterminée qu'autant que l'on connaît l'état initial et la loi suivant laquelle ont varié les distances entre les divers points du système.

Je ferai voir comment ces diverses acceptions peuvent être employées utilement, quand on considère des cas extrêmement simples en mécanique ou en physique.

Je suppose d'abord un pendule simple dont le mobile m parcourt l'arc QOR ; son poids est p, son mouvement est donné par l'équation

$$\frac{mv^2}{2}+ph=ph_1$$

h_1 étant la hauteur verticale des points Q et R ou la hauteur à l'origine du mouvement, et les distances variables h étant comptées sur la verticale à partir du point O, $\frac{mv^2}{2}$ représente l'énergie actuelle qui ne dépend que de la vitesse actuelle acquise par le mobile au point h. Je suppose que l'on arrête le

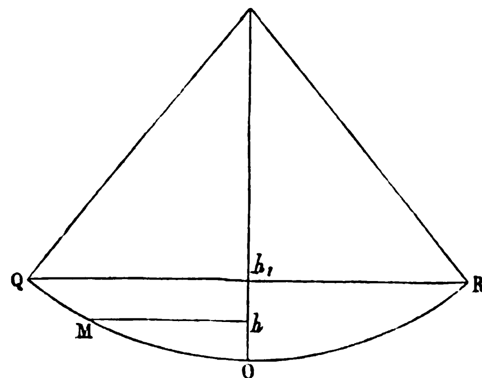


Fig. 11.

pendule au point M en y plaçant, par exemple, une petite balle de cire. Le mobile sera arrêté immédiatement, et son

mouvement sera converti en chaleur. Cette quantité de chaleur sera égale à

$$\frac{mv^2}{2E} = \frac{p(h_1 - h)}{2E},$$

E étant l'équivalent mécanique de la chaleur. On voit donc que la quantité de chaleur développée par l'arrêt brusque du pendule sera dépendante de la hauteur à laquelle on aura placé le point d'arrêt.

Si l'on connaît seulement la masse et la vitesse v, on peut déterminer l'énergie actuelle du mobile sans connaître la loi de son mouvement et son état initial ou la hauteur h_1. C'est cette énergie qui se transforme en chaleur au moment où la vitesse s'annule tout d'un coup.

Mais le corps arrêté en M n'a pas dépensé toute l'énergie qu'il aurait acquise s'il était tombé de la hauteur totale Oh_1, et s'il avait effectué le travail ph_1, correspondant à l'énergie totale du mobile. Il lui reste encore l'énergie potentielle ph, laquelle représente en même temps la faculté qu'il possède encore de tomber de la hauteur Oh, et de plus le travail qu'il produirait si, par exemple, la petite boule de cire qui sert de point d'arrêt, venant à fondre sous l'influence de la chaleur $\frac{p(h_1 - h)}{E}$, le mobile reprenait son mouvement. Le mobile n'aurait plus alors à dépenser que le travail qui représente l'énergie potentielle.

On voit clairement par cet exemple que si l'on veut se former une idée claire de ce qu'est dans un grand nombre de cas l'énergie dite potentielle, il faut connaître l'état antérieur du système en outre de son état actuel, et la loi suivant laquelle ont varié les distances de ses divers points. Ainsi deux corps de poids égaux sont placés, l'un au rez-de-chaussée, l'autre au premier étage d'une maison. Pour faire monter ce dernier poids, il a fallu dépenser un travail ph. Ce corps ne diffère en rien de son premier état ; ni sa forme, ni ses propriétés n'ont changé. Sa position seule a varié, et il possède dès lors la faculté de tomber d'une hauteur h, ce qui représente en lui l'énergie potentielle ph, dont l'expression est la même que la quantité dont peut tomber encore le mobile attaché à la boule de cire dans l'exemple que j'ai cité plus haut.

Considérons l'unité de poids de vapeur d'eau à la température de 100 degrés sous la pression de 760 millimètres. L'*énergie totale* de ce système se compose de deux parties :

1° L'*énergie actuelle*, qui est égale à la demi-somme des forces vives actuelles de tous les points du système.

2° L'*énergie potentielle*, qui est égale au maximum de travail que les forces agissant sur le système peuvent produire en partant de l'état actuel. Elle se compose de l'énergie potentielle de forces moléculaires qui nous sont absolument inconnues, et de l'énergie potentielle de la pression, que nous pouvons facilement calculer.

Supposons maintenant que la vapeur d'eau se condense en restant à la température de 100 degrés. L'énergie potentielle du nouveau système se composera de l'énergie f des forces moléculaires qui nous est complétement inconnue, plus de l'énergie potentielle de la pression f'. La somme de ces deux énergies représente le travail équivalent à la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau, qui est L à 100 degrés. On a donc

$$f + f' = LE,$$

E étant l'équivalent mécanique de la chaleur. On peut calculer f' par la formule pv du travail de la pression. En appelant V le volume de la vapeur et v le volume de l'eau à 100 degrés, $1^k,033$ la pression de l'atmosphère sur un centimètre carré, on a

$$f' = (V - v)\ 1,033$$

pour l'énergie potentielle due à la pression, laquelle équivaut à 40 calories environ, comme on le sait.

Quand on se sert, en mécanique, du mot *énergie*, ce mot représente toujours un travail ou une force vive que l'on peut caractériser assez facilement sans l'intervention d'une expression nouvelle.

En physique, et, par exemple, à propos des chaleurs latentes et de l'énergie potentielle, il faut avouer que l'expression correspond à un besoin bien clairement exprimé par l'exemple que je viens de citer. Cependant on peut se demander si l'introduction de ce nouveau mot est réellement indispensable.

En tout cas, il doit être absolument interdit de s'en servir aujourd'hui en lui attribuant cette acception vague qui fait de l'énergie un synonyme de force, de puissance, sans définir parfaitement le travail auquel il se rapporte.

Le nombre constant appelé chaleur latente peut se déduire des déterminations calorifiques effectuées pour faire parcourir à l'eau un cycle complet. Si l'on cherche quelle est la quantité de chaleur nécessaire pour vaporiser, à la pression de 760 millimètres, 1 kilogramme d'eau, on trouve par expérience qu'elle est égale à la quantité de chaleur qui se dégage si l'on condense cette vapeur pour la ramener à l'état liquide et à 100 degrés. La demi-somme de ces quantités de chaleur dépensées et produites sera la chaleur latente L de vaporisation du liquide ou de condensation de la vapeur. Les deux travaux correspondants LE et — LE seront égaux en valeur absolue, pourvu que la vapeur n'ait accompli aucun travail extérieur. La grande découverte de Jean-Robert Mayer consiste précisément à avoir démontré que cette égalité n'existe plus dès que la vapeur a été utilisée dans une machine pour effectuer un travail donné. C'est ce qui fait que lorsque l'on condense la vapeur sortie du cylindre de la machine après qu'elle a soulevé le piston, vaincu une résistance exprimée en kilogrammètres, on ne retrouve plus, dans l'eau du réfrigérant, le nombre de calories que possédait la vapeur sortant de la chaudière.

Ce que je dis de la condensation des vapeurs s'applique également au phénomène de la combinaison des corps. On appelle chaleur de combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène, la quantité de chaleur produite par 1 kilogramme du mélange de 2 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'oxygène qui est pris à zéro et qui se transforme en eau prise aussi à zéro. On sait que cette transformation s'effectue sous l'influence d'une étincelle électrique, et avec explosion quand on opère en vase ouvert. Dans ce cas, il y a un travail considérable produit, puisque l'air est violemment déplacé sous l'influence de cette explosion. Nous supposons que, pour déterminer la chaleur de combinaison, ce travail a été complétement annulé, par exemple que la combustion s'est opérée dans un vase dont les parois sont rigides.

Il est clair que si l'on multiplie la chaleur de combinaison K par E, l'équivalent mécanique de la chaleur, on aura l'énergie qui correspond à la chaleur de combinaison. Ce sera l'énergie potentielle correspondant au changement d'état survenu dans le mélange d'oxygène et d'hydrogène pris à zéro et transformé en eau également à zéro. Dans ce cas, l'énergie ac-

tuelle sera nulle, comme dans le cas de la vaporisation de l'eau à 100 degrés. L'énergie totale nous est absolument inconnue, car elle représente le travail que pourrait produire toute la chaleur contenue dans le mélange d'oxygène et d'hydrogène, laquelle échappe à toute appréciation. Voyons donc de quels éléments se composera l'énergie potentielle ou le travail produit par la combinaison ou le changement d'état. Pour cela, il nous suffira de chercher de quels éléments se compose la somme des chaleurs dégagées, ou la chaleur de combinaison, dans le cycle complet. 1° Un moment après que l'étincelle électrique passe dans le mélange gazeux, nous pouvons supposer que la combinaison s'est effectuée d'une manière complète dans toute la masse (ce n'est pas absolument vrai, comme nous le verrons plus tard; mais nous admettons, pour simplifier, cette hypothèse, qui ne change rien au résultat final), et que celle-ci est transformée en vapeur d'eau portée à la température T, ou température de combustion des deux gaz. Si C représente la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré un kilogramme d'eau, quel que soit son état physique, $\sum_0^T C = K$ sera la chaleur de combinaison. Dans K seront comprises les calories dégagées au moment où l'hydrogène et l'oxygène, dont les tensions ont une somme égale à 1, se transforment en vapeur d'eau dont la tension n'est plus égale qu'à $\frac{2}{3}$. Elles augmenteront le coefficient Σ C. C'est cette quantité K qui se manifestera dans le calorimètre où nous supposons que se fait la combinaison.

Si de la température T nous voulons revenir à la température primitive, qui est zéro, nous voyons d'abord qu'il faut enlever à l'eau formée une quantité de chaleur égale à $\sum_{100}^T C$, ce qui la ramène à la température de 100 degrés, mais non à la pression primitive que je suppose être 760 millimètres. Car alors sa pression ne sera que les $\frac{2}{3}$ de la pression des gaz primitifs. Si je veux ramener cette pression à être de 760 millimètres, comme cela arrive naturellement lorsque je brûle de l'hydrogène au moyen de l'oxygène dans le calorimètre de Dulong et Petit ou de MM. Favre et Silbermann, il faut que je les comprime de $\frac{1}{3}$ d'atmosphère, ou que je dépense une quantité de chaleur égale à $\frac{273+100}{2}(c-c_1)$, c et c_1 étant les chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant de la vapeur d'eau (1). Enfin, pour ramener la vapeur elle-même à la température initiale zéro, il faut lui enlever d'abord 40 calories dépensées par le travail de la pression, puis 497 calories correspondant au travail moléculaire de la condensation (la somme de ces deux nombres donnant 537, ou la chaleur latente de l'eau), enfin 100 calories pour abaisser l'eau condensée de 100 degrés à zéro. De cette manière l'énergie potentielle de la combinaison devient

$$\frac{\sum_{100}^T C + 186\,(c-c_1) + 40 + 497 + 100}{425}$$

425 étant l'équivalent mécanique de la chaleur, le numérateur de cette fraction représente évidemment la chaleur K de combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène. Il représente aussi la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 kilogramme d'eau à zéro pour transformer celle-ci en un mélange d'hydrogène et d'oxygène portés à la température T.

Nous représentons ici par la somme $\sum_0^T C$ la quantité de chaleur qu'il faut employer pour porter un kilogramme d'eau de 0° à T, en tenant compte des changements d'état et de pression dus à la vaporisation de l'eau et à la contraction des éléments au moment de la combinaison.

C'est la raison pour laquelle il faut ici ajouter le terme $(c-c_1)\frac{273+100}{2}$ à la chaleur totale de vaporisation pour l'eau passant de 0° à l'état de vapeur à 100°.

M. Kirchhoff a remarqué avec juste raison que la chaleur de combinaison K variait avec la température initiale. Ici c'est bien évident. Il en serait encore de même pour les cas où les produits de la combinaison ne seraient ni condensables, ni susceptibles de contraction. Ainsi, quand il s'agit de la chaleur de combinaison du chlore avec l'hydrogène, corps qui s'unissent sans se contracter et sans changer d'état, il faut tenir compte de cette seule circonstance que la chaleur spécifique de l'acide chlorhydrique C_{clH} n'est pas la moyenne entre la chaleur spécifique du chlore C_{cl} et la chaleur spécifique de l'hydrogène C_H. Par conséquent, les deux quantités $35{,}5\ C_{cl} + C_H$ et $36{,}5\ C_{cl}$ sont loin d'être égales.

Il en résulte que si l'on détermine la chaleur de combinaison du chlore et de l'hydrogène à 100 degrés, en opérant dans un calorimètre dont la température finale sera de 100 degrés, la chaleur totale contenue dans le mélange sera augmentée, pour l'unité de poids, de $\frac{35{,}5\ C_{cl} + C_H}{36{,}5}\ 100$; la chaleur totale de l'acide chlorhydrique produite sera augmentée de $100\ C_{clH}$. Enfin

$$\left(\frac{35{,}5\ C_{cl} + C_H}{36{,}5} - C_{clH}\right)100$$

représente la différence entre les chaleurs de combinaison du chlore et de l'hydrogène prises à 100 degrés et à 0 degré. Et encore ces nombres impliquent que la chaleur spécifique des gaz simples et composés ne varie pas d'une manière sensible entre 0 et 100 degrés, ce qui est évidemment admissible dans les conditions d'exactitude que comportent les déterminations calorimétriques.

En outre, si le coefficient de dilatation de l'acide chlorhydrique n'est pas le même que celui des deux gaz chlore et hydrogène; si ces trois matières subissent des contractions différentes quand on les soumet à la même pression, la fonction pv n'étant plus la même pour toutes, il faudra tenir compte de cette circonstance de la manière suivante. On

(1) $\frac{273+100}{2} = 186$. C'est la quantité dont il faut augmenter la température 100 degrés de la vapeur d'eau prise à la pression $\frac{2}{3}$ pour que cette pression devienne égale à 1, son volume étant invariable. $186\,(c-c_1)$ représente la quantité de chaleur équivalente au travail de la pression extérieure, quand le volume 1 devient $\frac{2}{3}$.

calculera quel devra être le volume de l'acide chlorhydrique à la température et sous la pression auxquelles on opère. La quantité de chaleur équivalente au travail de la pression extérieure (quantité qui sera calculée par la méthode employée plus haut pour la contraction de la vapeur d'eau) devra être ajoutée à la variation de la chaleur de combinaison, quand on la détermine à des températures et à des pressions différentes.

Si l'on divise la chaleur de combinaison Q par l'équivalent mécanique de la chaleur, le quotient $\frac{Q}{E}$ représente l'énergie potentielle relative à la combinaison, comme $\frac{L}{E}$ représente l'énergie potentielle due à la condensation des vapeurs. Dans les deux cas, on voit que cette énergie est la somme de plusieurs termes dont il est facile de déterminer quelques-uns. Le travail moléculaire de la condensation, comme celui de la combinaison, et qui est purement corrélatif au changement d'état et aux changements de propriétés qui caractérisent la combinaison par rapport au simple mélange, ce travail est la différence entre les quantités $\frac{L}{E}$, $\frac{Q}{E}$ et les travaux extérieurs qui s'accomplissent pendant la combinaison ou la condensation.

Les exemples que je viens de citer pour faire comprendre ce que signifient ces différents termes d'énergie actuelle, potentielle et totale, me dispensent de revenir sur l'étude des phénomènes de changement d'état, en ce qui concerne leur relation avec la mécanique de la chaleur. A vrai dire, c'est là le motif qui m'a engagé à développer si longuement ce sujet. Il ne faudrait pas, en effet, s'appuyer sur ce que je viens de dire pour essayer de bannir de la science, comme on a voulu le faire, le terme de chaleur latente. La chaleur latente est la quantité de chaleur dissimulée ou détruite en apparence dans le changement d'état. Ce changement d'état est toujours accompagné, dans les circonstances physiques où nous opérons, d'un travail extérieur qui peut être toujours retranché de l'énergie potentielle correspondant à ce changement d'état.

Je ne trouve pas bien fondées les critiques qui ont été faites au sujet de l'introduction de ces termes nouveaux dans la science; je crois, de plus, que M. Macquorn Rankine y a très-victorieusement répondu. Mais l'expression de chaleur latente est aussi indispensable à conserver, et nous la conserverons pour indiquer la quantité de chaleur qui apparaît ou semble disparaître lorsqu'il y a changement d'état sans changement de température, pourvu qu'il n'y ait pas d'autre travail accompli que le travail de la pression. La chaleur de combinaison est de la chaleur latente, puisqu'une combinaison est définie et ne peut être définie que par un changement d'état. Lorsque, dans ce changement d'état, quel qu'il soit, le volume extérieur des corps change peu, le travail extérieur est insensible.

Il est plus considérable quand un corps passe de l'état liquide à l'état gazeux à l'air libre; il est nul quand deux gaz se combinent en vases clos sans condensation, et devient notable quand il y a contraction des éléments gazeux donnant naissance à un composé également gazeux, sans variation de pression et de température. Ce travail extérieur pourra toujours être calculé en se conformant aux méthodes que j'ai développées en traitant les exemples précédents.

En résumé, je viens de définir les mots force, force vive, travail, intensité des phénomènes, énergie. Je ne les emploierai plus qu'avec l'acception et le sens mathématique que je leur ai donnés, en me conformant aux idées nouvelles que la thermodynamique a introduites dans la science.

H. Sainte-Claire Deville.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR.)

M. C. F. VARLEY.

Le Télégraphe transatlantique (1). — Transmission des courants électriques.

Je me propose d'exposer pour la première fois en public quelques-uns des phénomènes les plus intéressants qui se produisent quand on tente l'envoi de dépêches télégraphiques à travers de longs câbles sous-marins, et de montrer comment on parvient à neutraliser les perturbations produites par les courants terrestres suffisamment pour les empêcher de troubler les signaux télégraphiques. Dans ce but, j'ai fait établir deux câbles télégraphiques artificiels : l'un représentant le câble atlantique; l'autre 40 fois plus résistant, de façon à montrer les phénomènes qui se produiraient sur un câble ayant les mêmes dimensions par mille nautique que le câble atlantique actuel, mais présentant une longueur de 13 000 milles, longueur suffisante pour aller d'Angleterre en Australie.

Le premier câble artificiel consiste en onze bobines de fil fin de nickel, présentant la même résistance au passage de l'électricité que le câble atlantique actuel. On a produit dans ce conducteur les phénomènes d'induction électro-statique en attachant à chacun des points de jonction entre les bobines un large condensateur (voy. fig. 16).

La seconde ligne artificielle, ou ligne de grande résistance, consiste en onze tubes de verre (voyez fig. 17). L'appareil est construit de telle façon qu'en tournant une poignée, les condensateurs peuvent être tous à la fois éloignés ou rapprochés des bobines aussi souvent que cela est nécessaire. Dans le second câble, un galvanomètre est placé entre chacun des tubes. Les tubes de verre sont remplis d'une solution composée de 98 parties d'eau pure et de 2 parties de sulfate de zinc. Les pôles de métal plongeant dans la solution sont de zinc amalgamé; les électrodes de zinc amalgamé plongeant dans une solution de sulfate de zinc ne donnent lieu, ou peu s'en faut, à aucune polarisation.

Les galvanomètres à réflecteur diffèrent de ceux employés jusqu'à présent en ce que les miroirs, au lieu d'être de verre plat de microscope, sont en lentilles polies; les tubes contenant les miroirs ont des extrémités de verre, et sont remplis d'eau pure, ce qui arrête les trépidations de la salle et met les instruments au repos en une fraction de seconde. Chaque miroir a un demi-pouce de diamètre, et, avec son aimant, pèse deux grains; il est suspendu par trois fils de soie de cocon ayant $\frac{1}{12}$ de pouce de longueur.

Le temps que je puis consacrer à cette conférence ne me

---

(1) Voyez dans notre précédent numéro, pages 65 et 71, deux lectures de sir W. Thomson.

permet qu'un court examen de deux des nombreuses questions intéressantes qui se rapportent au télégraphe atlantique. Je ferai observer d'ailleurs que la presse a familiarisé, imparfaitement il est vrai, le public avec les opérations mécaniques qui ont présidé à la fabrication et à la pose du câble, de même qu'avec les moyens adoptés pour faire traverser l'Océan au bâtiment qui le portait. Enfin la méthode suivie pour vérifier l'intégrité et l'isolation du câble, aussi bien que son pouvoir conducteur, a été en partie expliquée dans cette salle par sir William Thomson, il n'y a pas très-longtemps.

La lumière et la chaleur rayonnante traversent l'espace avec une vitesse définie; il n'en est pas de même de l'électricité. Les ondulations lumineuses ne s'aplatissent ni ne s'allongent jamais pendant leur voyage à travers des millions de millions de milles. Supposons, par exemple, que l'étoile Sirius soit tout à coup recouverte d'un écran qui la masque pendant dix minutes, puis soit de nouveau découverte : l'étoile continuerait à briller sur cette terre pendant vingt ans environ, après que l'écran aurait été interposé entre elle et nous, puis elle disparaîtrait exactement pendant dix minutes, et reparaîtrait de nouveau.

L'électricité, au contraire, quand elle circule dans un câble, apparaît instantanément à l'extrémité la plus éloignée; mais sa tension est alors beaucoup trop faible pour qu'on puisse la mesurer; après une certaine période de temps, période définie pour chaque câble particulier, cette tension augmente rapidement et continue à s'approcher d'une limite définie de force. Nous verrons l'explication de ce fait en étudiant la construction du câble atlantique artificiel.

Cependant on suppose en général que l'électricité a une vitesse définie comme la lumière; il n'en est rien, comme nous venons de le dire. Quelle est la vitesse de l'électricité? C'est là une question à laquelle il est impossible de répondre, à moins que d'autres conditions ne soient données. Par exemple, elle se manifeste instantanément à l'extrémité d'un câble; mais pour y atteindre son maximum de tension, il lui faudrait, au pied de la lettre, l'éternité et un jour; tandis que pour atteindre la moitié de ce maximum de tension, il lui suffirait d'un temps de 6 a, cette quantité a représentant une durée définie qui dépend des dimensions du câble.

La courbe n° 1 (fig. 12) représente la force du courant à l'extrémité éloignée du câble, après l'écoulement de périodes de temps indiquées par les chiffres placés sous le diagramme, le maximum de tension que peut produire la batterie étant supposé égal à 10. Les chiffres placés sur la ligne horizontale représentent des périodes égales de temps a. Les chiffres de la ligne verticale représentent la force du courant.

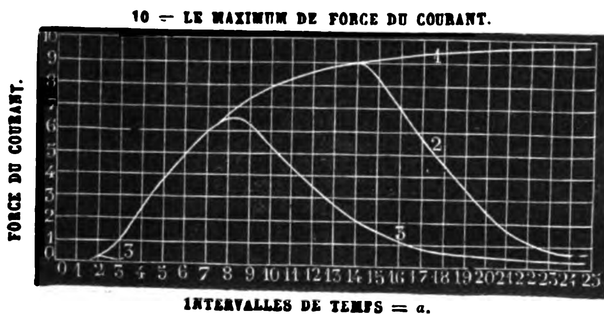


FIG. 12. — La petite courbe 3 représente le signal obtenu par la clef.

Si l'on fait communiquer une des extrémités du câble avec une batterie dont l'autre pôle communique avec la terre, aucun courant sensible ne se manifeste jusqu'après l'écoulement de la période a, et alors le courant a une force qui est un peu plus de la millième partie de celle que la batterie peut produire.

Quand le câble est entièrement chargé, le courant atteint son maximum de force, qui est représenté dans la figure par la ligne correspondant au chiffre vertical 10. Après 4 a, la force du courant est d'environ un quart de ce pouvoir maximum. Après 6 a, il a une force égale à la moitié du maximum, et pour de plus grandes périodes de temps, la force du courant va en augmentant, si la batterie continue à être appliquée, comme on le voit par la courbe n° 1. Mais, quoiqu'il s'approche de la force maximum 10, il n'atteint jamais ce maximum absolu. Par exemple, après 20 a, la force du courant est environ 98 pour 100 du maximum.

Les courbes 2 et 3 montrent la croissance et la décroissance des courants électriques à l'extrémité du câble, lorsqu'il a été mis en communication avec la batterie pendant des intervalles de temps correspondant à 12 a et à 6 a, et qu'après le contact avec la batterie, le câble a été de nouveau mis en communication avec la terre. C'est là, à peu près, la vitesse avec laquelle il est possible d'envoyer des signaux à travers un câble sous-marin en se servant d'un instrument de Morse ordinaire. La courbe n° 2 correspond à une ligne; la courbe n° 3, à un point (1).

La petite courbe n° 3 représente un signal dont la force est seulement un centième de la force maximum. On ne peut constater ces signaux qu'en employant la clef ou des condensateurs à l'extrémité du câble, comme nous l'expliquerons plus tard.

On comprend donc qu'un espace de temps assez considérable doit s'écouler, après que l'impulsion pour un point ou une ligne a été donnée, avant que le câble soit suffisamment déchargé. Donc, pour envoyer des signaux rapides à travers un câble atlantique ou tout autre long câble, l'appareil doit, comme première condition, être très-sensible, afin de donner une indication aussi rapide que possible de l'arrivée du courant électrique; et, dès que cette indication commence à se produire, la ligne doit être déchargée aussitôt, afin qu'un second signal puisse suivre immédiatement le premier.

Le 20 janvier 1854, Faraday, dans une lecture à l'Institution royale, décrivit un certain nombre d'expériences qu'il avait faites sur 100 milles de fil recouvert de gutta-percha, et quelques autres expériences sur 1500 milles de la ligne entre Londres et Manchester. J'ai devant moi, sur cette table, un câble artificiel représentant 13 000 milles de longueur, au moyen duquel je pourrais vous montrer les mêmes phénomènes amplifiés, ainsi que beaucoup d'autres.

Un câble télégraphique est une longue bouteille de Leyde, dont une des extrémités communique avec la terre, tandis que l'autre est reliée à une source d'électricité chaque fois qu'un signal doit être produit. Si le câble reste pendant longtemps en communication avec une batterie, la force de la charge dans les différentes parties du câble est représentée

(1) On sait que dans l'appareil télégraphique de Morse, les diverses lettres de l'alphabet sont représentées par des combinaisons de points et de lignes qu'une dent produit sur une bande de papier sans fin, où la dépêche se trouve ainsi écrite en caractères de convention.

par une ligne diagonale (fig. 13); sur l'extrémité reliée à la

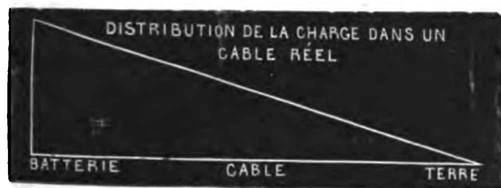


Fig. 13.

terre la charge est nulle, et à l'autre extrémité elle égale le plein pouvoir de la batterie.

La figure 14 représente la distribution de la charge dans la ligne artificielle.

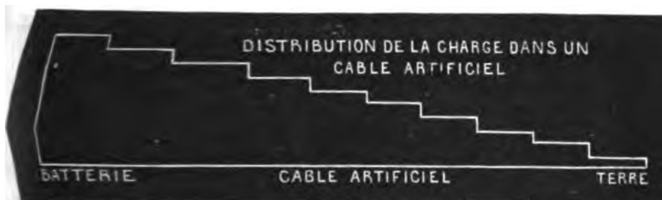


Fig. 14.

La figure 15 représente une section transversale du câble atlantique. Les sept petits cercles sont des sections des sept

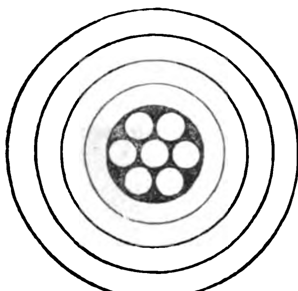


Fig. 15.

fils de cuivre formant le conducteur; les interstices compris entre ces fils sont remplis avec un mélange de gutta-percha et de résine. Quatre enveloppes ou tubes de gutta-percha, cimentés ensemble par un mélange de goudron et de gutta-percha, forment le médium isolant. Si l'on a employé sept fils de cuivre au lieu d'un seul conducteur, c'est d'abord afin d'éviter le risque d'une solution de continuité ou d'une rupture qui eût été fatale à la ligne; et, en second lieu, pour diminuer la rigidité du cuivre. Les poids des divers matériaux du câble par mille nautique (2029 yards) sont : cuivre, 300 livres; gutta-percha, 400 livres.

Quand un câble semblable est submergé, le conducteur de cuivre forme l'armature intérieure; la gutta-percha, le médium isolant; et l'eau, l'armature extérieure d'une bouteille de Leyde.

Les figures 16 et 17 représentent les câbles artificiels.

Quand le câble est au repos, les deux extrémités sont reliées à la terre. En abaissant la clef télégraphique, on interpose une batterie entre la terre et le câble, et un courant pénètre aussitôt dans le câble. Les clefs de la figure sont doubles. Quand on abaisse la clef de droite, le pôle positif ou pôle cuivre de la batterie est mis en communication avec le câble, tandis que le pôle négatif ou pôle zinc reste en communication avec la terre. Si l'on abaisse la clef de gauche, le contraire a lieu, c'est-à-dire que le pôle zinc de la batterie est mis en communication avec le câble, tandis que le pôle cuivre reste en communication avec la terre. La seconde clef de la figure 17 servait de commutateur pour relier à volonté le câble, soit à la batterie, soit à un tube de Geissler destiné à montrer comment la charge s'écoule aux deux extrémités du circuit.

En abaissant une des deux clefs, on interpose la batterie entre la terre et le câble, et un courant circule immédiatement. Après avoir traversé la première bobine, ce courant rencontre le premier condensateur; là il trouve deux chemins : le condensateur et les autres bobines qui forment le reste du circuit.

Au début de l'opération, le condensateur, étant vide, n'offre aucun obstacle appréciable à l'entrée du courant électrique qui commence à le charger; aussi, pendant les premiers instants, le courant presque tout entier est occupé à charger le condensateur. Mais à peine cette charge a-t-elle commencé à s'accumuler, qu'elle s'oppose à l'entrée du courant dans le condensateur. Le courant entre alors dans la seconde bobine, et sa force dépend de la puissance de la charge dans le premier condensateur.

Supposons, par exemple, que la puissance de la batterie soit 100 et la résistance 0, et que la résistance de chaque bobine soit 1 au premier moment de temps: comme le premier condensateur n'offre pas de résistance sensible, il n'y aura qu'une résistance de 1 dans le circuit. D'après la loi de Ohm, la force ou le volume du courant sera :

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{1},$$

où I représente le volume du courant, E la puissance de la batterie, R la résistance du circuit. Après un très-petit intervalle de temps, le premier condensateur aura reçu une charge qui équivaudra à la centième partie de celle de la batterie, soit 1; car, pour ce moment, il n'y aura pas de charge sensible dans le second condensateur. La force du courant dans la seconde bobine sera la centième partie de la force du courant entré dans la première bobine au premier moment du contact avec la batterie. On comprend donc qu'il n'y aura pas de courant appréciable dans une bobine, jusqu'à ce qu'une charge appréciable se trouve accumulée dans le condensateur qui la précède immédiatement.

Si l'on interpose dix galvanomètres dans un long câble à des distances égales, on verra qu'au premier moment de contact avec la batterie, le courant qui se précipite dans le câble est bien plus considérable qu'il n'est quelques moments après. On peut le montrer en se servant du câble artificiel (fig. 17). Les dix galvanomètres sont placés les uns au-dessus des autres, et ajustés de telle façon que leurs dix images, projetées sur le tableau, forment une ligne verticale quand aucun courant ne passe (voy. fig. 18). Ces galvanomètres sont tous également sensibles.

Pour mieux comprendre les positions relatives des différents galvanomètres, supposons que la partie supérieure du tableau représente l'Angleterre et la partie inférieure les antipodes. La première station s'appellera Gibraltar, la seconde Malte, la troisième Suez, la quatrième Aden, la cinquième Bombay, la sixième Calcutta, la septième Rangoon, la huitième Singapore, la neuvième Java, la dixième l'Australie. Nous ne plaçons pas de galvanomètre à l'Angleterre, parce que le courant qui traverse le câble jusqu'à la terre y est si violer

le magnétisme de l'aiguille se trouve interverti, et que les indications de ce galvanomètre deviennent ainsi exactement le contraire de la vérité.

La première expérience consiste à réunir tous les condensateurs de la ligne artificielle et à les charger avec une batterie composée de 800 éléments de Daniell. En les déchargeant au moyen d'une feuille d'étain, on obtient un bruit très-fort, une brillante étincelle, et un trou irrégulier dans le métal ayant un diamètre de 5 huitièmes de pouce.

La seconde expérience consiste à mettre les 800 éléments de la batterie en communication avec le câble atlantique artificiel (fig. 16), mais en détachant les condensateurs des bobines. L'instrument employé pour montrer le passage du courant électrique est un tube de verre dans lequel on a fait le vide (un tube de Geissler), tube dont la résistance est telle, qu'un courant produit par 400 éléments d'une batterie de Daniell a juste assez de force pour le traverser.

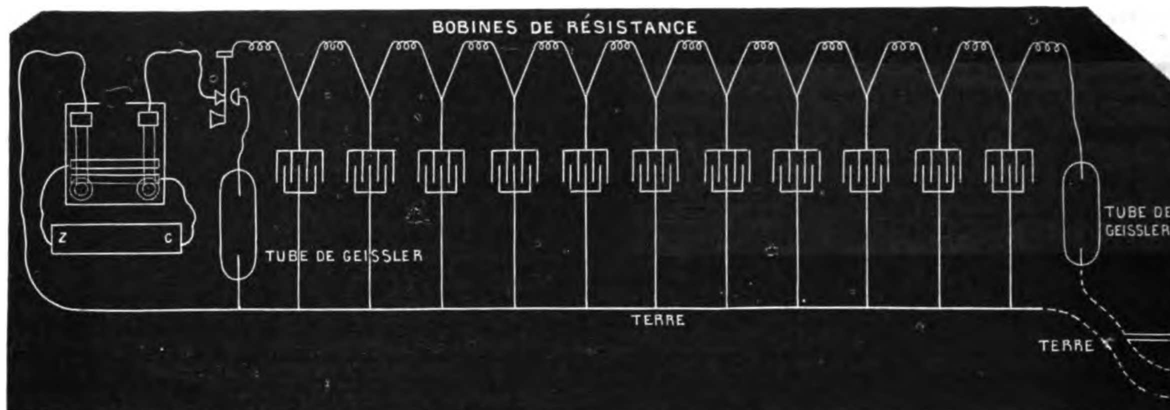


Fig. 16.

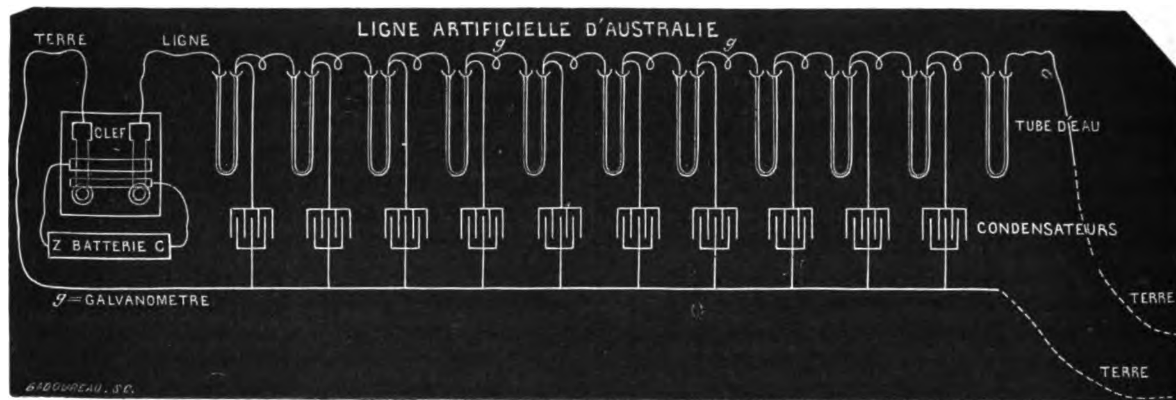


Fig. 17.

Ce tube est un moyen excellent pour montrer quand la charge atteint, à l'extrémité américaine du câble, la moitié de la puissance totale de la batterie. Si l'on écarte les condensateurs, le courant apparaît instantanément à l'extrémité américaine; il disparaît aussi instantanément dès que le contact est interrompu entre la batterie et le câble à l'extrémité anglaise. Si, au contraire, on interpose les condensateurs, il s'écoule un intervalle de trois ou quatre secondes avant que le courant se manifeste, et, quand on interrompt le contact avec la batterie à l'extrémité anglaise, le courant continue encore à passer pendant bien des secondes à l'extrémité américaine.

Pour varier l'expérience, rétablissons le contact entre le câble et les huit cents éléments de la batterie, jusqu'à ce que l'éclat du tube, à l'extrémité américaine, nous prouve que le câble est presque entièrement chargé; rompons alors le contact à l'extrémité anglaise et relions le câble à la terre par un second tube de Geissler. Ce dernier tube donnera une lumière plus brillante que celle du premier, parce que, dans ce câble, la charge est plus grande auprès de la batterie qu'à l'autre extrémité; résultat qui démontre expérimentalement ce que nous avons avancé plus haut (voyez fig. 12 et 13). Pour la même raison, le tube reste plus longtemps brillant à l'extrémité anglaise qu'à l'extrémité américaine.

Établissons maintenant le contact entre une batterie plus faible et la longue ligne ou ligne australienne (fig. 17), et projetons les dix galvanomètres sur le tableau au moyen de la lumière électrique; chacun d'eux produit un petit point brillant, et l'ensemble de ces points forme une ligne verticale quand le courant ne passe pas (fig. 18). Si nous abaissons la clef à droite, Gibraltar se met immédiatement en mouvement, et quand il s'est écarté de la ligne verticale d'environ 6 pieds (fig. 19), Malte se met aussi en mouvement. Un peu plus tard la force du courant diminue considérablement à Gibraltar, parce que l'autre extrémité de la ligne se charge (fig. 20, 21 et 22). La figure 21 représente à peu près la position du galvanomètre après que le câble a été en com-

munication avec la batterie pendant quatorze secondes; la figure 22 représente la distribution de la charge après une minute de communication avec la batterie, au moment où un fort courant se manifeste à l'extrémité australienne.

à travers le câble. Il en est de même pour Malte, Suez et Aden. Bombay recule seulement jusqu'au point central; et, à ce moment, les courants, dans les deux parties de la ligne, s'écoulent vers chaque extrémité, laissant Bombay neutre au

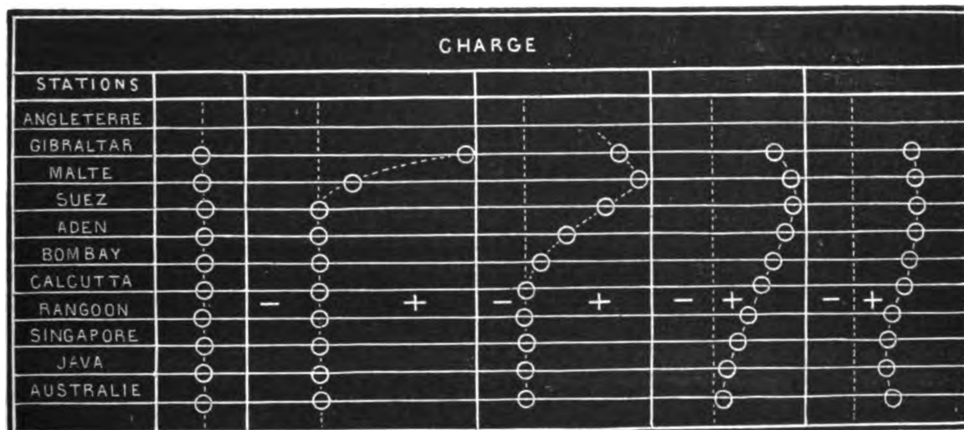


Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.

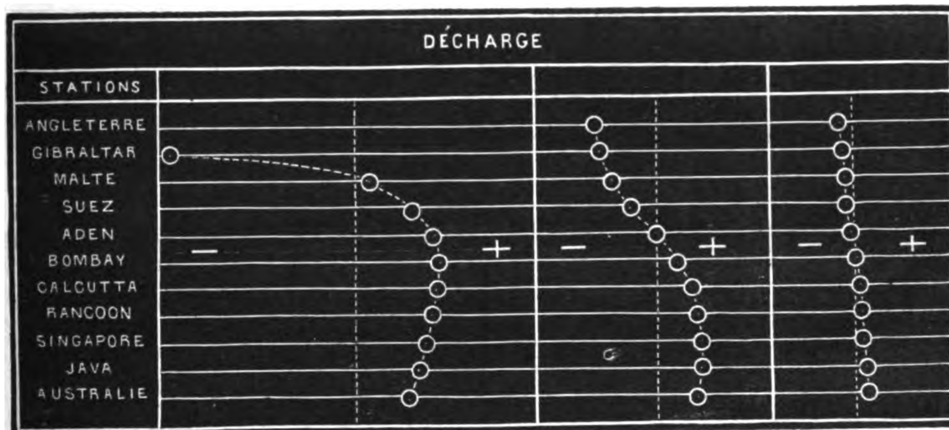


Fig. 23. Fig. 24. Fig. 25.

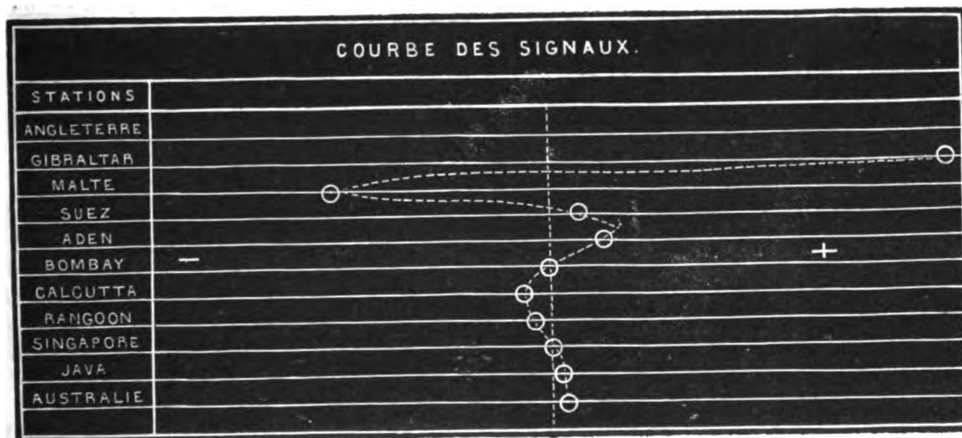


Fig. 26.

L'extrémité anglaise est alors rapidement séparée de la batterie et reliée à la terre; l'image représentant Gibraltar traverse aussitôt le tableau pour se placer à son autre extrémité, indiquant ainsi qu'un fort courant retourne à la terre milieu. Il se passe quelques minutes avant que le câble soit suffisamment déchargé pour que les images des galvanomètres reviennent à la verticale et qu'on puisse faire une seconde expérience.

Les courbes produites à intervalles successifs de temps pendant que le câble se décharge sont représentées par les figures 23, 24 et 25. La figure 23 donne la position des galvanomètres une seconde après que l'extrémité anglaise a été reliée à la terre; la figure 24, quelques instants plus tard, et la figure 25, au bout d'une minute environ. Alors le câble, étant chargé, laisse écouler sa charge électrique par ses deux extrémités.

Quand on envoie dans le câble une série de signaux, en établissant et en rompant alternativement le contact pendant des intervalles de cinq secondes, ces impulsions produisent des vagues que l'on peut distinctement suivre jusqu'à Aden, où elles finissent par se confondre. Au delà de cette station, les galvanomètres n'accusent plus que la présence d'un courant résultant de la combinaison de ces vagues successives.

Je vais maintenant vous indiquer les moyens de neutraliser la ligne après chaque signal.

En 1853-54, j'ai imaginé un système qui consistait à envoyer, après chaque courant positif, un courant négatif; ce plan est généralement adopté aujourd'hui pour les lignes sous-marines.

En 1856, j'inventai un autre système qui consistait à faire passer dans la ligne un fort courant positif, ayant une force et une durée définies, suivi par un faible courant positif destiné à produire un signal; puis un courant négatif pour neutraliser la ligne. Cette méthode constituait un grand progrès sur le système précédent.

En 1858, le professeur sir William Thomson proposa l'emploi de trois courants *de durée égale, mais de force irrégulière*, alternativement positifs et négatifs. Ce système produisit des résultats plus rapides que les précédents.

En 1863, dans le cours de mes expériences sur ma ligne télégraphique artificielle, je trouvai qu'en employant une série de quatre ou cinq courants, *ayant tous la même force, mais une durée inégale*, on obtenait des résultats plus rapides encore. Par exemple, d'abord un courant positif, suivi par un courant négatif ayant une longue durée; puis un courant positif ayant une durée beaucoup moindre; un autre courant négatif plus court, et enfin un courant positif très-court. Tous ces courants produisent dans la ligne une série de vagues positives et négatives, dont le résultat à l'extrémité australienne est une très-petite vague positive parfaitement distincte; le reste de la ligne se trouve presque entièrement neutralisé et prêt pour le passage d'un second signal. La figure 26 représente ce mode de transmission.

Dans les expériences précédentes, après chaque impulsion donnée, la charge avait à s'écouler dans la terre par les deux extrémités du câble.

En expérimentant sur des câbles réels, j'ai reconnu, il y a longtemps, que la vitesse de transmission dans un câble est indépendante de la puissance ou de l'intensité de la batterie, mais qu'elle varie en raison inverse du carré de la longueur du câble, excepté, toutefois, lorsqu'il s'agit de câbles très-courts, recouverts d'une forte armature de fer, cas où le retard causé par l'inertie magnétique du fer forme une quantité distincte d'une importance assez considérable. Dans les expériences précédentes, nous avons supposé, — ce qui est parfaitement vrai, d'ailleurs, quand il s'agit d'un câble tel que le câble atlantique actuel, — que cette cause de retard est trop minime pour qu'il soit nécessaire de s'en occuper.

Le professeur Thomson est arrivé, par le calcul, à démontrer, — ce que, d'ailleurs, j'ai pu établir aussi expérimentalement avec le câble artificiel, — que la force du courant à l'extrémité d'un câble varie comme il est indiqué dans la figure 12; qu'avec une puissance ou une intensité donnée de la batterie, il n'est pas possible d'accélérer cette arrivée, et que, par conséquent, pour obtenir une grande vitesse de transmission, il faut employer des instruments très-sensibles, afin que le câble soit neutralisé aussitôt qu'un signal est produit à l'extrémité, pour permettre la transmission d'un nouveau signal.

L'instrument connu sous le nom de *curb clef* semble porter cette vitesse à ses dernières limites, et son succès dépend des considérations suivantes : Si la ligne est coupée par moitié, la vitesse de transmission est augmentée quatre fois. Or, si une moitié du câble est rendue positive pendant que l'autre moitié est négative, il est clair que, tandis que le premier quart du câble chargé d'électricité négative et le dernier quart chargé d'électricité positive laissent écouler leur charge dans la terre, les deux quarts intermédiaires se neutralisent mutuellement. Par suite, l'électricité ayant une distance moindre à parcourir, la décharge s'effectue beaucoup plus rapidement.

La figure 26 représente la position des courants dans le câble après qu'on a expédié, au moyen de cet instrument, un signal formé de cinq courants et produisant dans le câble trois vagues positives et deux vagues négatives. Le premier, courant positif, destiné à produire le signal, est suivi par un courant négatif plus long destiné à couper la partie supérieure de la courbe n° 1 (fig. 12). Ce courant produirait un puissant signal négatif; aussi un courant positif plus court est-il envoyé dans la ligne pour le neutraliser; ce courant est encore suivi d'un courant négatif plus court, suivi à son tour d'un courant positif excessivement court. Ces cinq courants alternatifs pénètrent tous dans la ligne avant qu'aucun signal se produise à l'extrémité australienne.

Presque immédiatement après l'apparition du courant à l'extrémité australienne, les vagues alternatives se neutralisent l'une l'autre, et les dix galvanomètres retournent au zéro, ce qui prouve que le câble est entièrement neutralisé.

La petite courbe 3 (fig. 12) représente un signal réduit à près de 1 pour 100 de la vague originelle, tandis que la grande courbe 3 représente le court signal de l'instrument Morse ordinaire; ce dernier exige au moins 18 *a* pour sa formation, tandis que le premier peut se compléter avec 2 1/2 ou 3 *a*. Il semble y avoir une limite définie au delà de laquelle ce système ne saurait s'employer avec avantage. Un opérateur habile peut déchiffrer les signaux alors même qu'ils sont très-indistincts; mais quand le courant est réduit à la $\frac{1}{100}$ partie de la vague originelle, — ce que j'ai essayé sur le câble atlantique actuel, il faut laisser entre deux signaux successifs un certain intervalle de temps pour qu'ils puissent s'individualiser; c'est-à-dire que la ligne doit être complétement neutralisée avant qu'un second signal distinct puisse être produit.

J'ai imaginé, en 1862, une méthode pour accélérer les signaux et pour neutraliser les influences des aurores boréales, ce qu'on appelle ordinairement « les orages magnétiques ».

Il arrive souvent que ces phénomènes se produisent simultanément sur la plus grande partie du globe; et ils ont quelquefois une intensité telle, que la terre à Ipswich, à 100 kilomètres de Londres, et la terre à Londres, ont présenté une dif-

férence en + ou en — évaluée à 140 éléments d'une batterie de Daniell. Ces courants ne changent pas soudainement comme des signaux électriques, mais passent *graduellement* du positif au négatif. J'ai construit un appareil (fig. 27) destiné à imiter ces courants.

Un vase annulaire contenant une solution de sulfate de zinc est, aux deux extrémités opposées, relié d'un côté à la terre, et de l'autre au câble (dans ce second cas, en passant par la clef télégraphique ou commutateur). Un mouvement d'horlogerie fait tourner un support dans la direction indiquée par la flèche sur la figure. A ce support sont adaptés deux morceaux de zinc amalgamé reliés aux deux pôles de la batterie; quand ces morceaux de zinc se trouvent à angle droit avec la ligne reliant le câble à la terre, position indiquée dans la figure, aucun courant ne passe à travers le câble. Mais lorsque le support a dévié de 90 degrés de la position indiquée dans la figure, un courant positif passe dans le câble; enfin, quand il a dévié de 180 degrés, le courant a changé de force du courant passant dans le câble; son amplitude varie simplement en proportion de la rapidité plus ou moins grande des variations d'intensité du courant, rapidité qui règle celle de la charge ou de la décharge du condensateur. Les courants terrestres font dévier le point produit par le réflecteur du galvanomètre ordinaire à vingt ou trente pieds à gauche en dehors du tableau, tandis que l'autre ne se meut que de trois pouces, parce que, la variation de l'intensité du courant étant lente, le condensateur ne se charge que lentement.

L'effet du condensateur sur le dernier galvanomètre est, au premier moment, de n'offrir aucune résistance au passage du courant électrique. Supposons qu'un courant, d'une force représentée par 1, arrive à l'extrémité éloignée du câble; là, ce courant se divisera en deux : une partie passe à travers le galvanomètre D pour entrer dans le condensateur, l'autre se rend à la terre à travers le galvanomètre B.

Aussitôt que la charge du condensateur égale 1, le courant cesse de passer par D. Si le courant augmente de force et de-

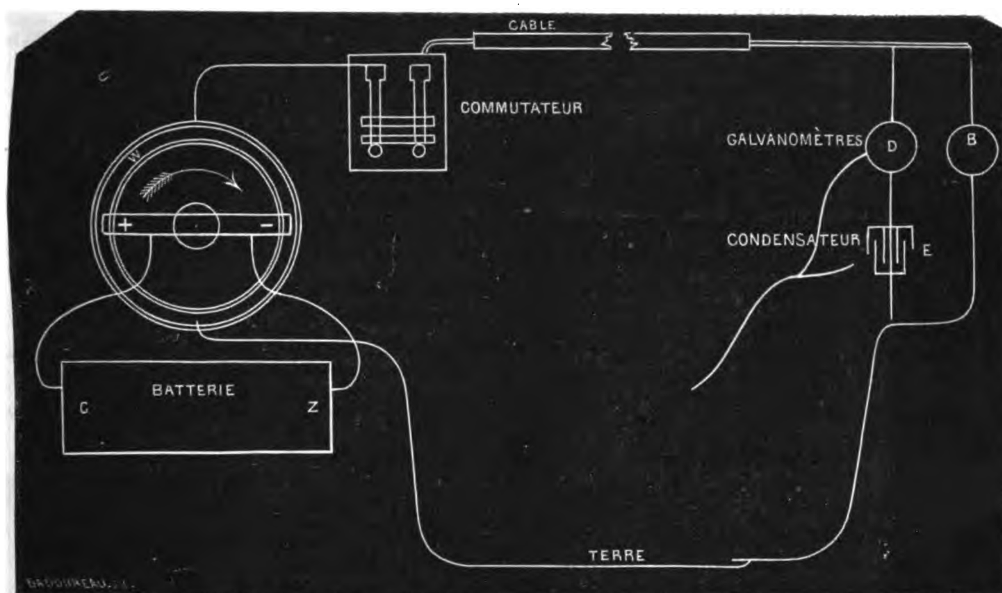


Fig. 27.

signe et atteint le maximum négatif. Cet appareil fait une demi-révolution en quarante secondes. Je ne connais pas d'exemple de courant terrestre ayant passé du maximum positif au maximum négatif en moins de soixante secondes; je ne connais même qu'un seul exemple d'un changement accompli dans ce laps de temps : le changement s'effectue le plus souvent dans un intervalle de temps variant de cinq à dix minutes, ou plus.

A l'extrémité du câble, à Terre-Neuve, je place entre la terre et le câble un galvanomètre à réflecteur, tandis qu'un second galvanomètre est disposé d'après la méthode de Varley, entre le condensateur et le câble, l'autre pôle du condensateur étant relié à la terre. Dès qu'un courant atteint cette extrémité, son arrivée est indiquée par les deux galvanomètres; mais aussitôt qu'il a acquis une force uniforme, le condensateur se trouvant porté au maximum de charge empêche le passage de toute nouvelle quantité d'électricité, et le second galvanomètre revient à zéro, tandis que le premier reste écarté de sa direction normale. Le montant de la déflexion du second galvanomètre ne dépend en aucune façon de la vient égal à 2, la charge du condensateur E s'augmentera également jusqu'à 2, et, pendant que ce condensateur recevra son complément de charge, le galvanomètre D indiquera la présence d'un courant; mais dès que la charge du condensateur égale celle du câble, le courant cesse de passer à travers D. Ainsi le galvanomètre D et le condensateur E ne mesurent pas la force du courant circulant dans le câble, mais indiquent simplement les variations qui se produisent dans la puissance de ce courant.

Supposons le câble et le condensateur chargés par un courant dont la puissance égale 100 : D n'indiquera aucun courant. Mais si une cause quelconque vient porter cette puissance à 101, la charge du condensateur deviendra 101, et le galvanomètre indiquera ce changement d'intensité. Supposons, au contraire, que la charge du câble soit réduite de 100 à 99 : la charge du condensateur descendra aussi à 99, en se déchargeant dans le câble, et en produisant, dans une direction inverse, un courant dont la puissance sera égale à 1.

Ainsi donc la force du courant dans D dépend entièrement de l'augmentation ou de la diminution de la puissance de ce

courant, et non pas de la force du courant circulant dans le câble. En supposant maintenant qu'un courant terrestre d'un pouvoir égal à 100 passe de + à — en soixante secondes, nous pourrons remarquer tout de suite qu'un signal est produit à travers le câble atlantique en un quart de seconde environ.

Si la force du signal n'est que le $\frac{1}{10}$ de celle du courant terrestre, cependant, comme la rapidité des variations est 240 fois plus grande, le signal, pendant sa durée, sera 24 fois plus fort que le courant terrestre, et il s'ensuit que le faible courant rapide produit un signal, tandis que le courant terrestre, fort, mais changeant lentement, en produit un trop faible pour qu'il soit nécessaire de s'en occuper.

Le professeur démontre ce fait en envoyant des signaux à travers le câble atlantique artificiel au moyen d'une batterie beaucoup plus faible que celle qui est employée pour produire les courants terrestres. Comme la rapidité avec laquelle augmente l'intensité de ces petites vagues employées à produire des signaux est beaucoup plus grande que la vitesse de la variation de puissance du grand courant terrestre, le second galvanomètre produit des signaux parfaitement clairs et distincts. Ainsi, au moyen de ce système excessivement simple, le faible courant se détache entièrement et produit des signaux parfaitement clairs, malgré le fort courant terrestre qui rendait le premier appareil absolument inutile. Pour démontrer ce fait, l'orateur transmet un certain nombre de mots à travers le câble.

C'est en me basant sur les expériences faites avec le câble artificiel que j'ai imaginé le câble atlantique actuel; c'est grâce à ces expériences que j'ai pu garantir huit mots par minute, vitesse qu'il eût été impossible d'obtenir sans un câble dont le conducteur et la partie isolante eussent été chacun 60 fois plus grands que dans le câble actuel, lequel a déjà nécessité l'emploi de 300 livres de cuivre et de 400 livres de gutta-percha par mille; et c'est tout au moins une certaine récompense pour les années de travail que j'ai consacrées à cette grande entreprise, que de voir que tout ce que j'avais prédit sur ces câbles, au point de vue de la transmission des dépêches, s'est trouvé vrai.

Je désire, en finissant, remercier le docteur Tyndall, qui a bien voulu mettre à ma disposition la lumière électrique dont je me suis servi.

(A l'issue de la conférence, M. Varley expose des morceaux de câbles de 1865 et de 1866, et surtout un morceau du câble qui a séjourné plus d'un an à deux milles au-dessous de la surface de l'océan Atlantique.)

CROMWELL F. VARLEY.

— Traduit de l'anglais par Ed. BARBIER. —

Description des différents câbles posés entre l'Irlande et Terre-Neuve en 1858, 1865, 1866.

Distance de l'Irlande à Terre-Neuve, 1670 milles marins.

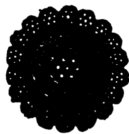



FIG. 28 et 29. — Câble atlantique de 1858 (grandeur naturelle), coupe et vue extérieure (d'après *les Merveilles de la science* de M. L. Figuier).

CONDUCTEUR. — C'est un toron de cuivre formé de 7 fils (6 enroulés autour du septième) et pesant 107 livres par mille marin.

ISOLATEUR. — Gutta-percha disposée en trois enveloppes et pesant 261 livres par nœud.

ENVELOPPE EXTÉRIEURE. — 18 torons de fils de fer, chaque toron étant composé de 7 fils (6 enroulés autour du septième) et enroulé en spirale autour de la partie centrale, le tout tamponné avec de l'étoupe goudronnée. Les fils séparés mesuraient chacun 22 1/2, et le toron complet était de la mesure n° 14.

POIDS DANS L'AIR. — 20 quintaux par mille marin.

POIDS DANS L'EAU. — 13,4 quintaux par mille marin.

RÉSISTANCE A LA RUPTURE. — 3 tonnes 5 quintaux, ou 4,85 fois son poids dans l'eau par mille marin; c'est-à-dire que le câble pourrait supporter son propre poids dans une profondeur d'eau un peu plus petite que 5 milles.

PROFONDEUR MAXIMUM. — 2400 brasses, ou moins de 2 1/2 milles marins.

LONGUEUR DU CABLE EMBARQUÉ. — 2174 milles marins.

Nota. — La tonne vaut 1016 kilogr. et le quintal 51 kilogr.

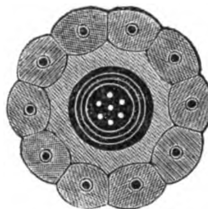



FIG. 30 et 31. — Câble atlantique de 1865 (grandeur naturelle), coupe et vue extérieure (d'après *les Merveilles de la science* de M. L. Figuier).

CONDUCTEUR. — C'est un toron de cuivre formé de 7 fils (6 enroulés autour du septième) et pesant 300 livres par mille marin, enfoui pour plus de solidité dans de la composition de Chatterton. Mesure d'un seul fil 0,048 = la mesure ordinaire 18. Mesure du toron 0,144 = la mesure ordinaire n° 10.

ISOLATEUR. — Gutta-percha, quatre couches alternant avec quatre couches de la composition de Chatterton. Le poids de l'isolateur entier est de 400 livres par mille marin. Diamètre du noyau, 0,464; circonférence du noyau, 1,392.

ENVELOPPE EXTÉRIEURE. — 10 fils forts de la mesure 0,095 (mesure n° 13), étirés avec du fer homogène de Webster et Horsfall, chaque fil étant entouré séparément de 5 torons de fil de Manille imprégné d'une composition préservatrice; le tout est enroulé en spirale autour du noyau et tamponné avec du fil de jute imprégné d'une mixture préservatrice.

POIDS DANS L'AIR. — 35 quintaux 3 grammes par mille marin.

POIDS DANS L'EAU. — 14 quintaux par mille marin.

RÉSISTANCE A LA RUPTURE. — 7 tonnes 15 quintaux, ou 11 fois son poids dans l'eau par mille marin; c'est-à-dire que le câble pourrait supporter son propre poids dans une profondeur de 11 milles.

PROFONDEUR MAXIMUM. — 2400 brasses, ou moins de 2 1/2 milles marins.

LONGUEUR DU CABLE EMBARQUÉ. — 2300 milles marins.

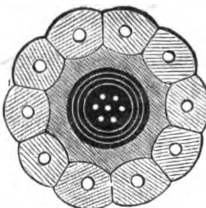
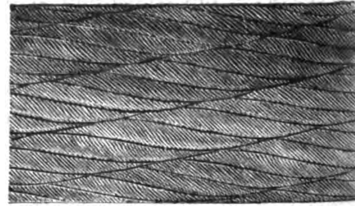



FIG. 32 et 33. — Câble atlantique de 1866 (grandeur naturelle), coupe et vue extérieure (d'après *les Merveilles de la science* de M. L. Figuier).

CONDUCTEUR. — C'est un toron de cuivre formé de 7 fils (6 enroulés autour du septième) et pesant 300 livres par mille marin, enfoui pour plus de solidité dans de la composition de Chatterton. Mesure d'un seul fil 0,048 = la mesure ordinaire 18. Mesure du toron 0,144 = la mesure ordinaire n° 10.

ISOLATEUR. — Gutta-percha, quatre couches alternant avec quatre couches de la composition de Chatterton. Le poids de l'isolateur entier est de 400 livres par mille marin. Diamètre du noyau, 0,464; circonférence du noyau, 1,392.

ENVELOPPE EXTÉRIEURE. — 10 fils forts de la mesure 0,095 (mesure n° 13), étirés avec du fer homogène de Webster et Horsfall, et galvanisés, chaque fil étant entouré séparément de 5 torons de fil blanc de Manille; le tout est enroulé en spirale autour du noyau, et tamponné avec du fil de jute imprégné d'une mixture préservatrice.

POIDS DANS L'AIR. — 31 quintaux par mille marin.

POIDS DANS L'EAU. — 14 3/4 quintaux par mille marin.

RÉSISTANCE A LA RUPTURE. — 8 tonnes 2 quintaux, ou 11 fois dans l'eau par mille marin; c'est-à-dire que le câble pourrait supporter son propre poids dans une profondeur d'eau de 11 milles.

PROFONDEUR MAXIMUM. — 2400 brasses, ou moins de 2 1/2 milles marins.

LONGUEUR DU CABLE A EMBARQUER POUR COMPLÉTER LES DEUX LIGNES. — 2730 milles marins.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 7 | 18 JANVIER 1868

ENSEIGNEMENT LIBRE DE LA SORBONNE.

(SALLE DE LA RUE GERSON.)

MÉTÉOROLOGIE.

COURS DE M. MARIÉ-DAVY.

Leçon d'ouverture. — Causes de la diversité des climats.

Messieurs,

La météorologie, envisagée d'une manière générale, a pour objet l'étude des mouvements de l'atmosphère à la surface du globe, et la connaissance de leurs causes, de leurs particularités et de leurs conséquences théoriques et pratiques.

Ses moyens d'action se résument dans la comparaison des documents recueillis sur toute la surface du globe. Elle ne peut progresser que par le concours d'un très-grand nombre d'observateurs; mais, par sa nature même et par ses applications à tous les usages de la vie dans nos sociétés modernes, elle a su faire naître autour d'elle un mouvement considérable et susciter des sympathies actives qui la poussent rapidement en avant.

Sans m'arrêter à l'historique de la météorologie, qui probablement est contemporaine de l'homme, mais dont la constitution comme science est toute récente, je me bornerai, dans cette première leçon, à énumérer brièvement les principales questions formant l'objet du cours de cette année.

Les divers climats du globe se distinguent entre eux par deux éléments essentiels auxquels se rattachent tous les autres : ce sont la chaleur et l'eau. C'est par elles que nous commencerons notre examen.

La chaleur est très-inégalement répartie sur la surface de la terre. Aux premiers âges de la vie du globe, la chaleur centrale a sans doute exercé une influence prépondérante sur la distribution des températures aux diverses latitudes, et les climats ont dû conserver une assez grande uniformité de l'équateur aux pôles. Mais depuis longtemps, la croûte terrestre ne laisse plus arriver à la surface que des quantités de calorique insuffisantes pour en modifier la température d'une manière sensible. C'est donc dans la chaleur venue du dehors, particulièrement dans la chaleur solaire et dans les circonstances au milieu desquelles elle agit, que nous devons rechercher d'abord l'explication des phénomènes météorologiques.

Si nous recevons un faisceau de rayons solaires sur une surface diversement inclinée sur leur direction, nous voyons la portion de la surface éclairée s'étaler de plus en plus à mesure que l'obliquité du plan devient plus grande. La même somme de lumière et de chaleur se partageant entre un plus grand nombre de points, chacun de ceux-ci doit en recevoir une moindre part. Les terrains inclinés présentant leur face au midi s'échauffent plus et plus vite que les terrains de même nature faisant face au nord.

Or, le soleil passe chaque jour dans la verticale des lieux situés vers l'équateur, tandis que ses rayons sont toujours rasants pour les régions voisines des pôles. De semblables différences apparaissent dans un même lieu, aux heures successives d'un même jour.

Mais il est une autre cause plus active encore peut-être que la première. La terre est enveloppée d'une couche gazeuse de densité rapidement décroissante avec la hauteur. Cette enveloppe atmosphérique, d'une épaisseur totale dépassant 80 lieues, est douée d'une transparence incomplète pour la lumière et pour la chaleur solaires. Une portion seulement des rayons qui nous sont destinés arrivent jusqu'à nous; le reste est absorbé ou réfléchi dans l'espace par l'atmosphère. La perte varie beaucoup avec la longueur du trajet parcouru dans l'air. Pour des rayons traversant l'atmosphère dans le sens de sa moindre épaisseur, la verticale, elle est seulement des deux dixièmes; elle augmente rapidement avec l'obliquité; elle devient souvent telle, pour des rayons rasant la surface de la terre, même dans un ciel sans nuages, que l'on peut, sans fatigue, fixer les yeux sur le soleil près de l'horizon, tandis que la vue n'en peut supporter l'éclat dans le milieu du jour. Sous l'influence de l'une et de l'autre des deux causes précédentes, l'atmosphère reçoit, à surface égale, moins de chaleur dans les régions polaires, où le soleil est toujours près de l'horizon, que dans les régions équatoriales, où il monte chaque jour jusqu'à la verticale. De cette moindre quantité de chaleur, l'atmosphère laisse encore passer une fraction plus faible vers les pôles que vers l'équateur.

Grâce à une double particularité présentée par la chaleur d'une part, et de l'autre par l'air, l'atmosphère nous oblige à garder la chaleur qu'elle laisse arriver jusqu'à nous. Elle nous protége contre le froid rigoureux des espaces planétaires au milieu desquels voyage notre globe. Malgré la réduction qu'elle fait subir aux rayons solaires, elle a pour effet d'élever dans une forte proportion la température moyenne de la surface terrestre en la garantissant contre un refroidissement trop facile; mais les inégalités d'action n'en subsistent pas moins, et la température moyenne décroît rapidement de l'équateur aux pôles.

Cette décroissance est loin d'être pareille sur tous les méridiens. Si nous parcourons toute l'étendue d'un parallèle; si, en restant à une distance constante du pôle ou de l'équateur,

nous faisons le tour du globe, nous traverserons une série de lieux dont la température moyenne change d'une manière notable. Les côtes occidentales de l'Europe sont plus chaudes en particulier que les côtes orientales de l'Amérique du Nord, à latitude égale.

C'est que l'atmosphère, inégalement échauffée en ses divers points, est animée d'un mouvement de circulation analogue à celui que nous pouvons constater chaque jour, en cette saison, dans une pièce dont une partie est échauffée par le contact et le rayonnement d'un poêle, et dont l'autre est exposée aux causes de refroidissement extérieur.

Les mouvements de l'air, très-circonscrits dans nos habitations, se produisent dans l'atmosphère sur une très-grande échelle. Nés de l'inégale répartition des températures à la surface du globe, ils contribuent à leur tour à modifier profondément cette répartition, du moins dans ses détails.

Sur tout le pourtour du globe se développe une région dont la température est à son maximum : c'est l'*équateur thermique*. Cette région ne coïncide pas avec l'équateur des géographes; l'inégale répartition des terres et des mers entre les deux hémisphères la reporte un peu au nord et lui fait subir des déviations importantes; de plus, elle se déplace sur la surface terrestre en suivant le cours des saisons.

Nous ferons, pour le moment, abstraction des irrégularités qu'elle présente et de ses déplacements. Nous supposerons aussi que la terre est immobile et qu'il soit midi en tous les points à la fois.

L'air fortement échauffé sur la zone équatoriale s'élève en masse vers les hautes régions de l'atmosphère. Parvenue à une certaine élévation, qui nous est inconnue, mais qui dépasse certainement plusieurs dizaines de kilomètres, la nappe ascendante se partage en deux autres s'étalant dans la direction des pôles.

Le mouvement ascensionnel ainsi produit donne lieu à un appel d'air des deux côtés de l'équateur thermique. Deux autres nappes rasant la surface du sol se dirigent des régions tempérées vers cette ligne. Nous trouvons donc, sur tout le pourtour de la terre, un double circuit, dans lequel l'air, partant des régions tropicales, s'approche de l'équateur thermique en rasant la surface terrestre, où il constitue les *alizés;* arrivé à l'équateur, l'air s'élève dans un plan vertical jusqu'à une certaine hauteur; puis, parvenu là, il se partage en deux nappes horizontales dirigées à leur tour vers les régions tropicales, et formant ce qu'on nomme les *contralizés supérieurs*. Le circuit se complète par la descente des alizés supérieurs vers la surface terrestre et par leur jonction avec les alizés inférieurs.

La clef des phénomènes atmosphériques dans nos régions se trouve dans le mode de jonction des deux alizés dans les zones extratropicales.

Si la terre était immobile, les deux alizés, supérieur et inférieur, marcheraient du nord au sud ou du sud au nord. Il n'en est pas ainsi. Tous les points du globe font une révolution complète en vingt-quatre heures; mais tous ne décrivent pas des cercles d'un même rayon, ne parcourent pas des chemins égaux et n'ont pas même vitesse. La vitesse est maximum à l'équateur; elle diminue à mesure qu'on s'approche des pôles, où elle est nulle. Les alizés inférieurs, en marchant du pôle vers l'équateur, traversent des parallèles dont la vitesse vers l'est est graduellement croissante; ils s'attardent de plus en plus par rapport à ces parallèles; et comme la terre nous paraît immobile, c'est le vent qui nous semble courir vers l'ouest, tandis qu'en réalité il court simplement moins vite vers l'est que le sol sur lequel il glisse.

Un effet inverse a lieu pour les alizés supérieurs. Ils vont de l'équateur vers le pôle; ils traversent des parallèles dont la vitesse est décroissante et sur lesquels ils prennent graduellement de l'avance vers l'est. Au moment ou l'alizé supérieur descend vers le sol pour se relier à l'alizé inférieur, il possède ainsi un notable excédant de vitesse vers l'est et nous apparaît comme un vent d'ouest.

En résumé, et si l'on s'en tient aux mouvements qui s'effectuent près de la surface du globe, nous voyons, entre les tropiques, l'air se concentrer vers l'équateur, en se transportant en même temps dans le sens de l'est à l'ouest. En dehors des tropiques, au contraire, dans les régions tempérées, le sens général du mouvement aérien va de l'ouest à l'est, inclinant tantôt vers le nord, tantôt vers le sud.

L'eau des mers obéit facilement à l'impulsion des vents qui soufflent à leur surface, surtout lorsque cette impulsion est régulière et continue. Dans les régions équatoriales, là où règnent les alizés, de grands courants marins parcourent de l'est à l'ouest toute la largeur des océans. C'est ainsi qu'un flot d'eau chaude est apporté dans les parages des Antilles et du golfe du Mexique. Ce flot, sous le nom de *Gulf-stream*, se relève le long des côtes des États-Unis d'Amérique jusqu'aux latitudes où règnent d'ordinaire les vents d'ouest. Sous l'influence de ces derniers, il s'incline de nouveau pour courir dans l'est, et vient s'épanouir sur les côtes occidentales de l'Europe jusqu'au cap Nord, point le plus septentrional de la Suède.

L'air et l'eau qui nous arrivent ainsi de l'ouest ont donc leur origine dans les régions chaudes de l'équateur. C'est à leur action qu'est due la température élevée dont jouissent les régions de l'ouest et du nord-ouest de l'Europe comparativement aux régions situées dans la partie orientale des deux continents.

La répartition des pluies à la surface du globe est soumise à des influences du même ordre.

Dans les régions où soufflent les alizés, le ciel est à peu près toujours pur et sans nuages. L'air s'y rend des régions tempérées vers l'équateur thermique; sa température est graduellement croissante; sa capacité pour la vapeur augmente sans interruption. Mais arrivés à l'équateur, les alizés se fondent dans la nappe ascendante. L'air, en montant vers les hautes régions de l'atmosphère, se dilate : une portion de sa chaleur libre est consommée par l'accroissement de son volume; une portion correspondante de sa vapeur se condense en nuages ou en pluies. Sur tout le pourtour de la terre, l'équateur thermique est dessiné par un immense anneau de nuages où les orages et les pluies sont incessants. Ce sont les lieux du globe où il tombe le plus d'eau.

L'équateur thermique suivant, quoique d'un peu loin, les déplacements successifs du soleil vers les deux tropiques, les lieux sur lesquels il passe deux fois chaque année ont deux saisons pluvieuses. Sur la limite de son excursion vers le nord, il n'existe qu'une saison pluvieuse correspondant à notre été; sur la limite de son excursion vers le sud, il n'existe également qu'une saison pluvieuse correspondant, au contraire, à notre hiver.

Les contralizés supérieurs marchent de l'équateur vers les pôles; mais comme ils se sont dépouillés, dans l'anneau de

nuages, d'une grande partie de leur vapeur, et que, d'une autre part, ils s'abaissent graduellement vers le sol, ce qui rend libre une partie de leur chaleur latente, ils sont longtemps sans atteindre ou dépasser leur degré de saturation. Cependant, lorsqu'ils parviennent à la surface terrestre et produisent nos vents d'ouest, ils redeviennent pluvieux. La zone mouillée par eux est toujours séparée de la zone des pluies tropicales par un large intervalle de ciel sans nuages; elle se déplace à la surface du globe comme le fait l'équateur thermique.

Sur la limite de son excursion vers le sud, dans notre hémisphère, nous trouvons une saison pluvieuse correspondant à notre hiver. Un peu plus au midi, nous avons déjà signalé une saison pluvieuse estivale due à l'arrivée de l'anneau de nuages. Entre ces deux limites, nous rencontrons une bande de déserts comprenant le Sahara, les déserts de l'Arabie, de la Perse et de la Chine, où il ne pleut presque jamais.

Dans chacune des zones de pluies dont nous venons d'indiquer sommairement l'existence et les allures, l'eau tombée varie beaucoup suivant la position des lieux par rapport au vent dominant, suivant la direction de leurs pentes, leur distance à la mer, etc. Toutes ces particularités seront examinées avec soin. Remarquons seulement, dès ce jour, que le point de départ de la circulation atmosphérique, avec toutes les conséquences qui en découlent, doit être placé sur la ligne centrale des régions équatoriales. La cause génératrice du mouvement, l'action de la chaleur solaire, y est régulière, constante. Les effets sont eux-mêmes réguliers et constants. De là la circulation s'étend plus ou moins avant sur les deux hémisphères; mais à mesure qu'elle s'éloigne de son point de départ, la cause première du mouvement s'affaiblit; les causes secondaires ou accidentelles prennent une importance relative de plus en plus grande, et la régularité des phénomènes observés dans les régions intertropicales fait place, dans nos régions tempérées, à une variabilité dont il a été pendant longtemps impossible de démêler les caractères et les lois sur lesquels nous insisterons d'une manière spéciale.

Les accidents météorologiques, qui sont l'état normal de nos climats d'Europe, se rencontrent parfois aussi dans les régions intertropicales; ils y acquièrent même une énergie inconnue dans nos pays. Tous, vous avez lu quelque relation des ouragans qui de temps à autre dévastent les Antilles, ou des typhons si redoutés dans les mers de l'Inde ou de la Chine.

Ces violentes perturbations de l'atmosphère offrent toutes un caractère commun. Souvent, pendant la belle saison, nous voyons sur nos routes se former des tourbillonnements de l'air que rendent visibles les colonnes de poussière soulevées dans leur axe de rotation. Souvent encore, dans nos fleuves, nous voyons naître, en aval des obstacles apportés à leur cours, des tourbillons d'eau dont le centre se creuse en proportion de la rapidité et de l'étendue du mouvement tournant. Les ouragans et les typhons sont dus à des tourbillonnements analogues de l'atmosphère couvrant au même instant des milliers de lieues carrées de la surface terrestre. En outre du mouvement de rotation qui les caractérise, ces tourbillons se promènent à la surface du globe avec une vitesse variant de deux à quinze lieues à l'heure. Le sens de la rotation est, dans notre hémisphère, invariablement opposé au mouvement des aiguilles d'une montre. Dans l'hémisphère sud, le centre de la rotation est, au contraire, invariablement le même que celui des aiguilles d'une montre.

Les lieux d'origine de ces ouragans, leurs lignes de parcours, les lois de leur progression, la succession des phénomènes qu'ils produisent sur les points atteints par eux..., sont aujourd'hui suffisamment connus pour que les marins puissent échapper à leurs étreintes en pleine mer. Le port est souvent plus dangereux pour les navires que la haute mer.

Les ouragans des Antilles se forment au milieu de l'Atlantique et près de l'équateur. Ils ont déjà plusieurs jours d'existence avant d'atteindre ces îles. Ils continuent leur route après les avoir ravagées, et viennent généralement épuiser leur action sur l'Europe. D'autres phénomènes du même genre, mais beaucoup moins violents en général, prennent naissance dans le voisinage des États-Unis d'Amérique, de Terre-Neuve, du Groenland, de l'Islande, des Açores... Tous viennent, transportés par les courants généraux de l'atmosphère, s'abattre sur l'Europe, qu'ils abordent à toutes les latitudes, depuis Gibraltar jusqu'au cap Nord, au point le plus septentrional de la Suède.

La rotation de l'air sur lui-même est plus difficile à constater dans ces bourrasques ou tempêtes d'Europe que dans les ouragans des Antilles, parce que la vitesse de rotation y est moindre et que la vitesse de translation des météores est au contraire plus grande. Sur l'une des moitiés du disque tournant, les deux vitesses ont même sens; elles s'ajoutent et peuvent produire des vents violents. Mais sur l'autre moitié, les deux vitesses ont des directions opposées et s'annulent pour nous. Dans une roue de voiture en marche, le point de la roue qui appuie sur le sol a une vitesse horizontale nulle; mais le point opposé a une vitesse double de celle de l'essieu.

Partout où passe un mouvement tournant, le vent s'élève, le ciel se couvre, les orages, les pluies ou les neiges surviennent, suivant la saison. La température s'élève à leur approche, elle baisse après leur passage.

Les variations du ciel dans nos climats sont intimement liées à leurs pérégrinations. Celles-ci, à leur tour, sont sous la dépendance des oscillations qui se produisent dans la circulation de l'atmosphère près des limites où elle s'étend.

La synthèse de ces phénomènes multiples est très-complexe.

Tout en examinant successivement les causes générales et locales des variations du temps à la surface du globe, nous examinerons, chaque semaine ou chaque mois, la succession des faits météorologiques observés à la surface de l'Europe, pour en donner l'interprétation et pour y puiser des enseignements ou des preuves.

La division du travail est un des principaux instruments du progrès dans nos sociétés modernes. La météorologie embrasse un champ tellement vaste, dès ses premiers pas elle a montré une vitalité si accentuée, elle a rendu des services si palpables, que chaque nation s'est empressée de lui faire sa place à part parmi les sciences les plus goûtées du public. Il n'est guère de pays en Europe qui n'ait fondé chez lui un établissement spécialement consacré à son étude.

La climatologie a été longtemps son unique objet et forme encore une de ses principales attributions. La connaissance générale ou locale des climats exige des observations patiemment poursuivies pendant de longues années; mais ces ob-

vations peuvent chaque jour, chaque semaine, chaque mois, chaque année, satisfaire à des besoins divers.

La météorologie est, en effet, une des sciences où les spéculations théoriques peuvent le moins s'isoler des applications aux besoins journaliers de la vie. L'agriculteur, le négociant, le marin, voient chaque jour leurs intérêts servis ou contrariés par l'état du ciel ou des vents. Ils s'efforcent de prévoir le temps à venir et cherchent à se renseigner sur le temps qui existe dans les pays dont ils désirent ou redoutent les produits. Des avis sérieux sur ces divers points sont d'autant plus vivement désirés, que les opérations commerciales deviennent plus actives entre tous les peuples, et que l'agriculture se perfectionne davantage en utilisant mieux les données de la science.

C'est le rôle des établissements météorologiques d'encourager par tous les moyens possibles les observations consciencieuses ; de les concentrer, pour porter sans retard à la connaissance du public leurs résultats immédiatement pratiques ; de leur faire subir, soit directement, soit par l'intermédiaire des auteurs des observations, le travail d'élaboration d'où naît la science et ses applications multiples ; de pourvoir à tous les intérêts qui se rattachent à la météorologie, par les renseignements sur le temps présent et les avis sur le temps à venir, dans les limites que comporte l'état progressif de la science. Là ne se borne pas encore leur mission.

La météorologie, nous l'avons dit, ne peut se constituer rapidement que par le concours d'un très-grand nombre d'observateurs ; ses applications ne peuvent avoir tout leur effet que s'il existe dans nos ports, dans nos villes et dans nos campagnes, des hommes capables d'interpréter les signes du temps et les avis qui leur sont transmis. Il est donc indispensable de resserrer de plus en plus les liens qui unissent tous les amis de la météorologie, et de pourvoir dans une large mesure, par des publications périodiques ou par des cours publics, à la vulgarisation des données et des lois de cette science.

C'est ce que nous nous efforçons de faire, pour notre part, dans nos articles mensuels insérés dans les *Annales du sauvetage maritime français* et dans le *Journal d'agriculture pratique*. C'est dans le même but que nous avons publié notre *Traité des mouvements de l'atmosphère et des mers* au point de vue de la prévision du temps, et divers traités plus élémentaires ; que nous avons sollicité du ministre de l'instruction publique l'autorisation d'ouvrir le cours que nous inaugurons aujourd'hui. C'est encore dans la même pensée que la Société météorologique de France vient de fonder un recueil mensuel de *Nouvelles météorologiques*, auquel concourent tous les principaux météorologistes des divers pays de l'Europe par l'envoi mensuel de leurs documents.

L'organisation de la météorologie française est entrée dans une voie prospère, et l'auditoire qui me fait l'honneur de m'entendre est pour moi un précieux encouragement à persévérer dans mes efforts. Recevez-en, messieurs, mes vifs remercîments.

MARIÉ-DAVY.

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE VINCENNES.

ENTRETIENS AGRICOLES PAR M. GEORGES VILLE (1).

II.

Assimilation par les végétaux de leurs éléments constitutifs.

Je me suis appliqué, dans notre premier entretien, à vous faire connaître la nature des éléments dont les végétaux se composent. Il vous souvient que ces éléments sont très-inégalement répartis dans les divers organes, où plusieurs d'entre eux forment des combinaisons éphémères avant de passer à l'état de tissus et d'organes.

Pour compléter cette étude, en quelque sorte préliminaire, il faut nous demander aujourd'hui à quel état on trouve dans la nature ces éléments, source et condition de la fertilité du sol, sous quelle forme les plantes les absorbent, et dans quelle mesure on peut, à leur aide, agir sur les produits de la végétation.

Je commence par le carbone.

La quantité de carbone qui entre dans la composition des végétaux est, en chiffre rond, de 40 à 45 pour 100. Le carbone joue donc, dans la végétation, un rôle du premier ordre. Si j'ajoute qu'en agriculture, cependant, on n'a point à s'en enquérir, qu'on peut l'exclure des engrais sans porter atteinte à la fécondité de la terre, j'aurai l'air de me mettre en contradiction avec moi-même. La contradiction n'est qu'apparente, et pour le prouver, il me suffira de rappeler que le carbone des végétaux a pour origine l'acide carbonique de l'air, et que l'atmosphère en est une source inépuisable. Je pourrais donc m'abstenir de vous parler de l'assimilation du carbone. A beaucoup d'égards cette omission serait sans inconvénient. J'ai résolu néanmoins de m'y arrêter et d'en faire l'objet d'une étude approfondie. Pourquoi ? Pour deux raisons : parce que l'explication de ce phénomène fait époque dans l'histoire de la science ; mais surtout parce que son étude doit nous aider à mettre dans tout son jour ce qui fait essentiellement le caractère distinctif de la production végétale.

L'acte qui détermine l'assimilation du carbone est un phénomène extrêmement simple. L'acide carbonique, formé de carbone et d'oxygène, est absorbé par les feuilles, où il se décompose. Le carbone reste acquis à la plante ; tandis que l'oxygène devenu libre retourne à l'atmosphère.

Il se produit donc là un phénomène de réduction véritablement extraordinaire, et que nous ne pouvons obtenir dans nos laboratoires sans appeler à notre aide les moyens d'analyse les plus puissants dont la chimie dispose. Ce phénomène, le tissu délicat d'une feuille l'opère cependant, sans que sa fragile organisation en soit altérée.

Vous remarquerez, de plus, que la respiration végétale se traduit par des effets inverses de ceux de la respiration animale : les végétaux empruntent à l'air de l'acide carbonique et lui rendent de l'oxygène, tandis que les animaux lui empruntent de l'oxygène et lui rendent de l'acide carbonique. Ceci explique, pour le dire en passant, pourquoi la composition de l'atmosphère ne change pas, malgré les em-

(1) Voyez plus haut page 75, numéro du 4 janvier 1868.

prunts incessants que lui font les animaux et les plantes.

Sous ce conflit continu, quoique inapparent, il y a un ordre de phénomènes encore plus profond, sinon plus mystérieux, que je voudrais vous faire connaître, parce que, je vous l'ai dit, à mes yeux, rien n'est plus propre à nous dévoiler le véritable caractère de la production agricole, et à nous montrer combien ce grand acte de la vie végétale, auquel se rattachent si étroitement les conditions les plus essentielles de notre existence, diffère de tous les autres faits de production que l'activité humaine accomplit ou auxquels elle participe.

Règle générale, tout travail de production présuppose deux choses également indispensables : une matière première et une source de force.

En dehors de ces deux conditions, il n'y a pas de production possible. Quoi que l'on fasse, la matière mise en œuvre éprouve un déchet que l'on doit tendre à atténuer, mais qu'on ne peut éviter entièrement. Même observation à l'égard de la force dépensée, on ne l'utilise qu'en partie : il y a là encore une déperdition inévitable. Je le répète donc, le produit, qui est la représentation matérielle du travail, reste en déficit à la fois sur la matière première et sur la force dépensée.

Prenez pour exemple tel travail industriel que vous voudrez : la métallurgie, le tissage, les arts mécaniques ; toujours le travail est accompagné d'une double perte de matière première et de force vive, distraite de sa véritable destination par le frottement des organes intermédiaires et l'imperfection des appareils.

En agriculture, le caractère de la production est tout autre. La terre rend matériellement, par les récoltes, dix fois plus qu'on ne lui livre en agents de fertilité, et toute récolte suppose une dépense de force cinq cents fois, au moins, supérieure à la somme des efforts qu'elle a coûtés.

Comment ces deux faits, qui, à priori, semblent de nature à confondre la pensée, peuvent-ils s'expliquer ? L'économie de l'*assimilation* du carbone va nous l'apprendre.

Tous les végétaux contiennent, avons-nous dit, de 40 à 45 pour 100 de leur poids de carbone. Or, si le carbone vient de l'air et s'il s'ajoute aux agents que nous sommes tenus de fournir à la terre pour la rendre fertile, on comprendra tout de suite pourquoi le sol rend plus qu'il n'a reçu. Même remarque à l'égard de l'oxygène et de l'hydrogène, qui représentent plus de 50 pour 100 du poids des végétaux, et qui ont tous deux l'eau pour origine.

Il résulte de là, que les 95 centièmes de la substance des végétaux proviennent de sources étrangères au sol, et que la part que l'industrie humaine est tenue de fournir à la terre n'est qu'une fraction de ce qu'on en retire pour les récoltes. Mais il ne faut pas perdre de vue, toutefois, que cet appoint est indispensable ; car, sans lui, le carbone de l'atmosphère, l'oxygène et l'hydrogène de l'eau, auraient persisté à leur état primitif dans le domaine du règne inorganique, et n'auraient pu entrer dans le courant de la vie végétale.

Voilà donc le premier caractère de la vie végétale expliqué. Vous savez maintenant pourquoi la terre rend plus qu'on ne lui livre : l'excédant vient de l'air et de la pluie.

Le tableau suivant est une démonstration sans réplique de ce fait. — Il est entendu que ce que je dis du froment s'applique également aux autres végétaux.

COMPOSITION DU FROMENT (PAILLE ET GRAINES).

	Dans 100 parties.		
Carbone	47,69		
Hydrogène	5,54		
Oxygène	40,32		
Azote	1,60	1,60	Éléments qu'on est tenu de rendre au sol. Ils s'élèvent à 3 p. 100 du poids de la récolte.
Acide phosphorique	0,45	0,45	
Acide sulfurique	0,31		
Chlore	0,03		
Silice	2,75		
Oxyde de fer	0,006		
Chaux	0,29	0,29	
Magnésie	0,20		
Soude	0,09		
Potasse	0,66	0,66	
Manganèse	?		
Total	99,936		

Passons au second caractère de la production agricole, plus difficile à faire comprendre, quoique du même ordre que le précédent.

Jusqu'à ces vingt dernières années, on a cru que les phénomènes de la nature étaient dus à des causes diverses, parce qu'ils affectent en nous des organes différents. Sous cette diversité d'impressions, une analyse mieux inspirée a fini par découvrir que cette multiplicité de causes n'était qu'apparente, et qu'en réalité tous les phénomènes physiques ne sont que les manifestations d'une cause unique : le mouvement.

Suivons les conséquences de cette donnée fondamentale.

Vous savez tous que la combustion d'un corps est suivie d'une élévation de température. La combustion de 1 kilogramme de carbone, par exemple, produit une quantité de chaleur telle, que l'on pourrait, à son aide, élever de 1 degré centigrade 8000 kilogrammes d'eau. Si j'ajoute qu'on appelle *calorie* la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré centigrade 1 kilogramme d'eau, nous pourrons dire que la combustion de 1 kilogramme de carbone produit 8000 calories.

Vous savez qu'avec de la chaleur on engendre de la force mécanique. Entre le poids du corps brûlé, la température produite et la force qui peut en naître, il y a une corrélation immuable.

Il est démontré, en effet (1), qu'une calorie équivaut à un effort capable d'élever un poids de 1 kilogramme à 424 mètres de hauteur, et l'on appelle kilogrammètre, ou unité dynamique, l'effort nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur. Il suit de là qu'une calorie, ou la quantité de chaleur qui fait monter de 1 degré 1 kilogramme d'eau, suffit pour élever ce même kilogramme à 424 mètres de hauteur, ou, en d'autres termes, qu'une calorie est équivalente à 424 kilogrammètres.

Poussons plus loin les conséquences de ces premières données. Le travail d'un cheval est exprimé par 270 000 kilogrammètres à l'heure, c'est-à-dire que les efforts qu'il dépense élèveraient en une heure 270 000 kilogrammes à 1 mètre de hauteur. On estime la journée d'un cheval à huit heures de travail effectif, ce qui porte à 2 160 000 kilogrammètres l'expression du travail utile d'une journée. Ainsi, si l'on concentrait en un point la somme des efforts que la journée

(1) Voyez notre précédent numéro, page 81 et suiv.

d'un cheval représente, elle se résumerait dans ce fait : élever à 1 mètre de hauteur 2160 000 kilogrammes.

Mais si une calorie équivaut à 424 kilogrammètres ou unités dynamiques, et si la combustion de 1 kilogramme de carbone produit 8000 calories, il en résulte que la combustion de 1 kilogramme de carbone correspond à 3 472 000 kilogrammètres, ou, en nombre rond, à une journée et demie de cheval : la journée étant fixée, je l'ai déjà dit, à huit heures de travail effectif.

A la lumière de ces indications, un peu abstraites peut-être, mais qui étaient nécessaires, le caractère le plus caché de la production végétale va nous être enfin dévoilé.

La combustion du carbone engendre de l'acide carbonique et produit de la chaleur, qui peut être exprimée en unités dynamiques. Si vous tentiez de remonter ce courant, de défaire ce que la combustion a fait, de séparer le carbone de l'oxygène dans l'acide carbonique, vous n'y réussiriez qu'à la condition de restituer au carbone et à l'oxygène une quantité de chaleur égale à celle qui est née de leur combinaison.

Ce fait certain nous conduit à cette conséquence, que chaque kilogramme de carbone qui se fixe dans les végétaux exige 8000 calories, équivalant à 3 472 000 kilogrammètres, qui équivalent eux-mêmes à une journée et demie de cheval. Or, comme la récolte d'un hectare peut être fixée à 10 000 kilogrammes de substance végétale, contenant en moyenne, en chiffre rond, 5000 kilogrammes de carbone dont la fixation a exigé 40 000 000 de calories, on trouve que cette quantité de chaleur correspond à 17 milliards de kilogrammètres, c'est-à-dire à 6660 journées de cheval. La récolte d'un hectare ne s'obtient qu'à ce prix.

Si donc la préparation d'un hectare par les labours, le hersage, etc., n'exige, tant de l'homme que des animaux, que 15 journées de cheval, il en résulte finalement que, lorsque l'homme dépense *un* en effort mécanique, la nature y ajoute 444 à l'état inostensible de chaleur ou de lumière.

Mais cette consommation énorme de force, toujours en action et qui ne s'épuise jamais, quelle en est la source ? Vous l'avez pressenti : les rayons du soleil, en l'absence desquels les plantes n'assimilent pas le carbone. Si le bois et les produits végétaux dégagent de la chaleur quand on les brûle, ils le doivent à celle qu'ils ont tirée du soleil et qui passe, par la combustion, de l'état latent à l'état de liberté ; il n'y a là, en réalité, qu'un acte de restitution.

Ces explications me semblent suffire pour démontrer ce qui forme essentiellement le caractère de la production végétale.

Je répète que la production végétale possède seule le privilége d'ajouter un excédant à la matière première, qui partout ailleurs subit un déchet, et de nous livrer un produit, relativement énorme, dont la formation accuse la participation d'une force inapparente et étrangère à notre intervention.

Ici se révèle l'instinct merveilleux des peuples qui, devançant les découvertes de la science, n'ont jamais reconnu de prospérité durable pour les États que celle qui se fonde sur une agriculture florissante. On y voit aussi pourquoi certains économistes du dernier siècle, Quesnay entre autres, ont pu concevoir la pensée de faire peser exclusivement les impôts sur les produits du sol, parce que seuls ils accusent un excédant dans le produit net.

Messieurs, peut-être trouverez-vous que je me suis laissé entraîner trop loin dans cet ordre d'idées, je ne voudrais cependant rien retrancher de mes paroles ; car, pour appliquer avec intelligence les procédés agricoles les meilleurs, je crois qu'il faut d'abord avoir une idée nette des principes dont ils relèvent. Mais je me hâte de revenir à la pratique par l'assimilation du carbone.

L'assimilation du carbone se résume, avons-nous dit, dans ces deux faits : les végétaux absorbent l'acide carbonique de l'air et le décomposent.

Pour prouver que les feuilles absorbent l'acide carbonique, il suffit d'introduire une branche feuillue de vigne dans un ballon de verre où l'on fait passer un courant d'air. Avant d'entrer dans le ballon, l'air contenait de 3 à 4 dix-millièmes de son volume d'acide carbonique ; lorsqu'il en sort, il n'en contient que 2 dix-millièmes tout au plus. Les feuilles ont donc fonctionné là comme un véritable crible. L'effet que ce rameau de vigne vient d'opérer sous vos yeux, toutes les plantes, tous les arbres le produisent par leur feuillage. Mais pour cela trois conditions sont nécessaires :

1° Il faut que les végétaux reçoivent l'action directe du soleil ; 2° que la température ambiante ne descende pas au-dessous de 10 à 12 degrés au-dessus de zéro ; 3° que les végétaux soient munis de leurs feuilles.

La suppression de l'une de ces trois conditions suffit pour arrêter le phénomène, et frapper en quelque sorte les végétaux d'inertie.

Parlons d'abord des effets de la lumière. Dans l'obscurité, les feuilles perdent la faculté d'absorber l'acide carbonique. Dès que la lumière leur fait défaut, les feuilles, à l'opposition de ce qui arrivait tout à l'heure, absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique.

Au-dessous de 10 à 12 degrés, dans nos climats, l'assimilation du carbone cesse à peu près complétement. Il serait cependant imprudent de formuler une indication par trop absolue, attendu que toutes les plantes ne sont pas affectées au même degré par l'abaissement de la température.

Enfin, ajoutons que les feuilles sont essentiellement le siége de l'assimilation du carbone : ni les racines, ni le tronc, ni les branches, ne participent à cette importante fonction.

Passons à des notions d'un ordre plus pratique et plus spéciales à l'agriculture.

La quantité de carbone que les végétaux fixent dans le cours d'une saison peut atteindre jusqu'à 10 000 kilogrammes par hectare.

Ici se présente une nouvelle question. Tous les végétaux ne sont pas également favorisés sous ce rapport. D'où vient la différence? De ce que les feuilles sont loin de présenter la même surface. Si l'on compare en effet, à ce point de vue, quelques végétaux choisis parmi ceux qui nous intéressent le plus, tels que le topinambour, la betterave, la pomme de terre et le froment, on trouve : Pour le topinambour, qui fixe 8000 kilogrammes de carbone par hectare, que la surface des feuilles représente 15 fois celle du sol cultivé ; pour la betterave, qui ne fixe que 2000 kilogrammes de carbone (1), la surface des feuilles n'est plus que de 5 fois celle du sol. Mêmes observations à l'égard de la pomme de terre et du froment, qui n'absorbent que 1700 et 1400 kilogrammes de carbone par hectare, et dont les feuilles occupent une surface encore plus réduite.

(1) Toutes ces données ont été calculées sur les rendements obtenus à Bechelbronn, qui sont très-faibles. Les données dont il s'agit sont donc des *minima*.

Enfin, pour compléter l'étude de l'assimilation du carbone, il me suffira d'ajouter que si l'atmosphère est la source principale où les végétaux le puisent, ils en tirent cependant une certaine quantité des couches profondes du sol, que les racines absorbent et que les feuilles décomposent et s'assimilent. L'acide carbonique du sol provient de la décomposition de détritus végétaux qui n'y font jamais défaut.

Ainsi trois faits résument l'économie de l'origine du carbone dans les végétaux :

Il est toujours absorbé à l'état d'acide carbonique.

Les feuilles en opèrent la réduction.

Les radiations solaires sont la condition qui la déterminent.

Passons à l'origine de l'oxygène et de l'hydrogène.

Je pourrais vous dire de ces deux corps ce que je vous ai dit du carbone. Leurs fonctions dans l'économie végétale n'ont pour nous qu'un intérêt théorique. L'un et l'autre viennent en effet de l'eau, et les végétaux, en tant que source d'hydrogène et d'oxygène, en reçoivent par la pluie plus qu'ils ne peuvent en utiliser.

Est-il bien sûr, me demanderez-vous peut-être, que l'oxygène et l'hydrogène aient l'eau pour origine? Aucune question n'est plus facile à résoudre que celle-là. Instituez une culture dans le sable calciné, les plantes ne trouvent, dans leur sphère d'activité, l'hydrogène et l'oxygène qu'à l'état d'eau distillée; et vous verrez, en quelque sorte, l'eau changer d'état sous vos yeux et entrer dans la composition des plantes.

Arrivons à l'azote. — Avec l'azote, la question change de caractère. L'origine de ce corps dans les végétaux a pour nous la portée d'un problème du premier ordre. Or, ce problème, on peut le résoudre de deux manières différentes : par la science et par la pratique. Je choisirai de préférence la démonstration par la pratique.

Je pose comme axiome que l'azote peut être assimilé par les végétaux sous trois formes différentes :

A l'état d'ammoniaque;

A l'état de nitrate;

A l'état d'azote gazeux.

Et j'ajoute que chacune de ces trois formes convient de préférence à certaines catégories de plantes : — l'ammoniaque au froment, les nitrates aux betteraves; tandis que les légumineuses absorbent surtout l'azote à l'état de gaz élémentaire.

Ce premier point admis, je me demande si, d'une manière générale, les récoltes contiennent plus d'azote que les engrais qui ont servi à les produire. A cet égard, les faits sont unanimes ; il y a toujours excédant d'azote dans la récolte. Nous trouvons, par exemple (et ce sont là des valeurs *minima*), que l'excédant s'élève à 43 kilogrammes par hectare pour le topinambour et à 175 kilogrammes pour la luzerne.

Ici se présente une nouvelle question. D'où vient cet excédant d'azote? — Du sol? — Évidemment non; car c'est là un phénomène permanent, continu, et qui exclut l'idée de l'intervention du sol, dont les ressources sont bornées, et qui cependant livre chaque année par les récoltes plus d'azote qu'il n'en reçoit par les engrais.

L'azote en excès vient donc de l'air, on n'en saurait douter. Mais ici nouvelle difficulté. A quel état l'azote a-t-il été absorbé? Est-ce à l'état d'ammoniaque, de nitrate ou d'azote élémentaire?

Pour prononcer avec certitude à cet égard, nous avons d'abord une question préjudicielle à résoudre. Il faut savoir si l'air contient de l'ammoniaque et des nitrates, et, s'il en contient, dans quelle proportion? Sur ces deux points, pas de doute. L'air contient à la fois de l'ammoniaque et des nitrates, mais en quantités si faibles, si exiguës, qu'elles appartiennent au domaine des infiniment petits.

Pour l'ammoniaque, en effet, la proportion est comprise entre

0,000 000 017
et 0,000 000 032,

ce qui correspond à 17 grammes d'ammoniaque pour un million de kilogrammes d'air : un dé à coudre à côté du Panthéon!

En face de proportions si minimes, vous comprenez qu'il n'est pas possible de leur attribuer la masse énorme d'azote que les plantes tirent de l'air; aussi, pour échapper à cette difficulté, les nitrates et les sels ammoniacaux étant très-solubles dans l'eau, a-t-on admis que la pluie avait pour fonction de les condenser et de les apporter aux végétaux sous un faible volume. Mais cette supposition ne peut se soutenir elle-même dès qu'on examine les choses un peu de près.

En effet, l'eau de la pluie contient en moyenne $0^{gr},0005$ d'ammoniaque et autant de nitre. Or, ces quantités correspondent à un apport de 6 kilogrammes d'azote par hectare et par an; ce qui est évidemment insuffisant pour expliquer l'excédant de 43 kilogrammes accusé par le topinambour, et, à plus forte raison, celui de la luzerne, qui atteint 175 kilogrammes. Ni l'ammoniaque, ni les nitrates de l'atmosphère ne peuvent donc rendre compte de l'excédant d'azote que les récoltes contiennent.

Nous voilà conduits, par une voie d'exclusion, à attribuer à l'azote élémentaire de l'air l'excédant qui, sans cela, resterait inexpliqué.

Cette opinion est-elle admise sans contestation? Non, et voici quelles sont les objections qu'on lui oppose.

On est unanime à reconnaître qu'une partie de l'azote des récoltes a l'atmosphère pour origine, mais on nie l'assimilation directe : on suppose qu'avant d'être absorbé par les végétaux, l'azote passe à l'état de nitrate dans le sol. Le sol deviendrait ainsi le siége d'une nitrification universelle et permanente.

Ainsi formulée, cette opinion ne résiste pas un instant à l'examen. En effet, si l'azote ne pénètre dans la luzerne qu'à l'état de nitrate, n'est-il pas évident qu'on doit trouver dans la récolte une quantité de bases correspondante à l'acide nitrique, source supposée de l'azote. Or, il n'en est rien. Dans une récolte de luzerne obtenue ici même, au champ de Vincennes, l'azote a dépassé de 135 kilogrammes par hectare celui qui correspond aux bases. — 135 kilogrammes n'avaient donc pu pénétrer dans la plante à l'état de nitrate. Cette quantité de 135 kilogrammes n'est elle-même que le tiers de la quantité réelle d'azote qu'un hectare de luzerne tire de l'air, attendu que dans l'exemple que j'ai cité on avait introduit à dessein, dans l'engrais, de l'azote à l'état de nitrate de potasse ou de soude, et qu'il m'a été démontré depuis qu'on peut obtenir des rendements aussi élevés en remplaçant les nitrates par du carbonate de potasse, c'est-à-dire des produits azotés par un produit correspondant sans azote.

J'ai hâte d'arriver aux arguments tirés plus directement de la pratique.

Je suppose qu'on donne pour engrais à des pois, à du trèfle

ou à de la luzerne du nitrate de soude; l'effet est radicalement nul, s'il n'est même nuisible. Or comment, après cela, invoquer, à l'égard de ces plantes, les bons effets d'une nitrification spontanée dans le sol?

On peut donner à cet argument plus de généralité.

Instituez deux expériences parallèles : dans l'une, le sol recevra un engrais composé de phosphate de chaux, de potasse et de chaux, sans azote ; dans l'autre, on ajoutera à ces trois minéraux de la matière azotée.

Dans ces deux conditions, il se manifestera des effets très-différents suivant la nature des plantes. Le trèfle, les pois, les légumineuses, prospéreront autant sur la terre qui n'a pas reçu de matière azotée que sur l'autre. Avec le blé, le colza, la betterave, le tabac, les résultats seront tout différents : là où manquera la matière azotée, le rendement sera précaire; tandis qu'il atteindra des proportions énormes là où le sol en sera pourvu.

Que faut-il conclure de ce contraste? — Que les plantes forment deux groupes bien distincts : le premier comprenant celles qui ont besoin de trouver de l'azote dans le sol; et l'autre, celles qui le prennent de préférence dans l'air.

Voudrait-on nier cette dernière conclusion, et prétendre que l'azote des pois ou de la luzerne vient du sol? Alors je demanderai pourquoi, si le sol est pourvu d'azote, le froment reste précaire, et comment il suffit d'une addition de matière azotée pour en rendre la végétation florissante?

Ce nouvel ordre de faits, qui n'est en quelque sorte que le développement du premier, nous amène, par une autre voie, à la même conclusion.

L'azote est absorbé sous des formes différentes. Pour les légumineuses, l'azote élémentaire est la forme la plus convenable. Pour le froment, le colza, c'est l'ammoniaque. Pour les betteraves, se sont les nitrates. Mais, répétons-le une fois encore, pour tous les végétaux indistinctement, la récolte accuse un excédant d'azote dont ni les engrais, ni le sol ne peuvent rendre compte, et dont on ne peut expliquer la présence qu'en lui donnant pour origine l'azote élémentaire de l'air.

Qu'il me soit permis de résumer cette distinction par quelques chiffres irrécusables, destinés à préciser l'importance des quantités d'azote que les plantes tirent de l'air.

	Azote de la récolte en excès sur celui de l'engrais.
Pois	70 kil.
Froment	60
Colza	130
Betteraves	130
Luzerne	300

Dans les exemples qui précèdent, l'engrais contenait de 50 à 60 kilogrammes d'azote par hectare. — Pour la luzerne, j'ai pris l'excédant sur un engrais purement minéral et pour un rendement fixé à 8000 kilogrammes, Vous voyez donc par ces exemples que si tous les végétaux accusent un excédant d'azote, cet excédant est loin d'avoir pour tous la même importance.

Il y a encore une distinction à faire à l'égard des conditions où il se produit.

Il y a, en effet, des plantes dont la récolte contient beaucoup d'azote, sans qu'on soit tenu de leur en fournir par les engrais : les pois, les haricots, le trèfle et la luzerne sont, ai-je dit, dans cette catégorie. Il y en a d'autres qui accusent aussi un excédant considérable d'azote, mais qui ne le réalisent qu'à la condition expresse d'avoir recours à des engrais azotés : tels sont en particulier la betterave et le colza. Enfin, il y a une troisième catégorie de plantes qui exigent beaucoup d'azote dans la fumure, et dont la récolte n'accuse, en fin de compte, qu'un excédant relativement faible : tel est le froment.

Ces différences ont pour la pratique une signification qu'il est de la dernière importance de ne pas méconnaître. Qui ne voit, en effet, tout de suite et sur ces simples données générales, qu'il doit y avoir avantage, sous le double rapport des rendements et de l'amélioration du sol, à faire alterner le froment avec les betteraves et surtout avec les légumineuses, c'est-à-dire les plantes qui puisent leur azote dans le sol avec celles qui le puisent dans l'air?

L'expérience confirme de tout point ces prévisions.

Vous savez tous que le froment qui succède au trèfle rend plus que celui qui l'a précédé. Qui ne sait combien la betterave, dont on laisse les feuilles pourrir sur le sol, est aussi favorable à la culture du froment?

Mais à l'égard des plantes qui, comme la betterave, réclament impérieusement de grandes quantités d'azote par les engrais, il y a encore une remarque importante à faire, c'est que l'excédant d'azote de la récolte est en quelque sorte proportionnel à la quantité que le sol en a reçue.

Il résulte de là que les cultures les plus améliorantes ne sont pas celles qui, pour prospérer, exigent le moins d'engrais azotés; mais celles qui, tout compte fait, accusent l'excédant le plus élevé, excédant dont l'atmosphère a seule fait les frais. Ce rapport, cette solidarité entre la richesse de l'engrais et l'amélioration déterminée par la plante qui l'a reçu, dont la science vient de nous fournir la véritable explication, la pratique les a depuis longtemps constatés, comme l'attesteraient au besoin ces paroles de Mathieu de Dombasle :

« C'est un fait d'observation générale, dit-il, que les fonc-
« tions par lesquelles les végétaux s'approprient les éléments
« nutritifs contenus dans le sol et dans l'air sont des *fonctions*
« *correspondantes*; de sorte qu'une augmentation dans la
« quantité des principes qu'ils tirent de la terre peut seule
« les mettre en état de s'approprier en quantité plus considé-
« rable des aliments atmosphériques. C'EST POUR CELA QUE LES
« PLANTES LES PLUS AMÉLIORANTES, CELLES QUI EMPRUNTENT LE PLUS
« A L'AIR, LE SONT D'AUTANT PLUS, QU'ELLES CROISSENT SUR UN SOL
« PLUS FERTILE. »

Cette théorie des cultures intensives peut se formuler d'une manière plus saisissante et plus scientifique. Supposons, en effet, une plante cultivée dans le sable calciné aux dépens de l'air et de l'eau, et produisant dans les quinze premiers jours qui suivent sa germination vingt feuilles. Si la part pour laquelle une feuille contribue à la nutrition de la plante se traduit tous les quinze jours par la formation d'une feuille nouvelle, au bout de trois mois et demi la plante aura produit 2460 feuilles.

A côté, supposons une autre plante cultivée dans un sol fumé, et admettons que l'engrais détermine tous les quinze jours la formation de cinq feuilles seulement en sus de celles dont l'air et l'eau ont fait tous les frais dans la culture précédente. Après le même laps de temps, la plante aura produit 3475 feuilles, c'est-à-dire près de deux fois plus que dans le premier cas, et pourtant le fumier n'a déterminé par lui-même que la formation de trente-cinq feuilles. Ce résultat,

qu'on pourrait trouver à bon droit étrange, s'explique cependant très-aisément, quand on réfléchit que les premières feuilles qui ont le fumier pour origine concourent à l'accroissement de la récolte, non-seulement par leur nombre, mais encore par les feuilles de formation subséquente dont elles sont l'origine, et dont l'atmosphère a fait tous les frais.

Je vous ai dit qu'il fallait varier la dose de la matière azotée suivant la nature des cultures; pour vous montrer combien il importe de ne rien laisser à l'arbitraire sous ce rapport, je vous citerai les rendements qu'un agriculteur du plus grand mérite, M. Cavallier, a obtenus à la ferme du Mesnil-Saint-Nicaise.

Il s'agit d'une culture de betteraves venue dans quatre conditions différentes, avec de l'engrais minéral sans azote, et avec le même engrais additionné de quantités croissantes de sulfate d'ammoniaque :

	Racines à l'hectare.
Avec engrais minéral, sans azote, le rendement a été.	36884 kilogr.
Avec le même engrais, plus 80 kilogrammes d'azote.	47325 —
Avec le même engrais, plus 100 kilogrammes d'azote.	51000 —
Avec le même engrais, plus 120 kilogrammes d'azote.	59649 —

Si l'on prend comme point de départ le rendement de 36884 kilogrammes obtenus avec l'engrais sans azote, on trouve que le prix du sulfate d'ammoniaque étant amorti, il reste comme surcroît de bénéfice :

Avec 80 kilogrammes d'azote............	67 fr.	87 c.
Avec 100 kilogrammes d'azote............	108	20
Avec 120 kilogrammes d'azote............	228	60

Vous voyez par là, messieurs, que les matières azotées jouent un rôle du premier ordre dans l'économie végétale. Dans la pratique, on trouve de grands avantages à employer de préférence les sels ammoniacaux et le nitrate de soude. La fixité de leur composition, la sûreté de leur action, leur forme particulièrement assimilable, leur assurent une supériorité marquée sur tous les autres composés azotés.

J'ai coutume d'employer ces produits à la dose de 60 à 80 kilogrammes d'azote par hectare pour le froment; avec le colza et la betterave, on peut aller sans inconvénient de 100 à 120 kilogrammes. Ajoutons que le sulfate d'ammoniaque contient, en nombre rond, 20 pour 100 d'azote, et le nitrate de soude 15.

Par cela même que ces produits sont doués d'une grande puissance, on ne saurait trop s'appliquer à les répandre également; on y parvient facilement en les mêlant avec quatre à cinq fois leur poids de terre fine et sèche. L'épandage doit avoir lieu après le dernier labour; on herse ensuite pour compléter leur mélange avec les couches superficielles.

De l'ensemble des notions qui viennent de vous être présentées, il résulte, messieurs, qu'entre le carbone, l'hydrogène et l'oxygène d'une part, et l'azote de l'autre, il y a, sous le rapport agricole, cette différence profonde, que la nature fournit toujours surabondamment aux végétaux les trois premiers, et que, par conséquent, on n'a pas à s'en occuper, tandis qu'elle ne leur fournit l'azote qu'exceptionnellement et à certaines conditions.

Le secret de la bonne culture consiste à faire alterner les plantes qui puisent l'azote dans l'air avec celles qui ont besoin de le trouver dans le sol, et à réserver pour ces dernières tout ce qu'on peut se procurer de composés azotés.

Les nitrates et les sels ammoniacaux ne sont pas les seuls composés azotés auxquels on puisse avoir recours; on peut encore employer les matières animales. A la condition qu'elles soient aptes à se putréfier, elles agissent comme les sels ammoniacaux; mais je leur préfère ces derniers, parce qu'ils sont directement assimilables, et parce que, sur 100 d'azote que les matières organiques contiennent, il y a au moins 30 pour 100 de perdus pour la végétation. Cette perte naît de la décomposition que subissent ces matières : 30 pour 100 de l'azote total se dégageant à l'état d'azote élémentaire, forme sous laquelle l'atmosphère en contient plus que la végétation n'en peut utiliser.

Je ne saurais donc trop le répéter : un des secrets de la culture rémunératrice est de tirer de l'air le plus d'azote possible par l'alternance des cultures. C'est à ce but que doivent tendre tous les efforts des agriculteurs; et un des services les plus utiles que la science leur ait rendus a été précisément de mettre en lumière cette vérité dans tout son jour.

Si la science est quelquefois un guide qu'il faut suivre avec réserve, à cause des questions d'argent dont les opérations agricoles se compliquent, n'oublions pas cependant que tout ce qui a été fait d'utile est conforme à ses lois, et que, si nous sommes à la veille de voir s'accomplir des progrès supérieurs à toutes les conquêtes du passé, c'est encore à la science que nous en serons redevables.

Dans notre prochain entretien, nous traiterons de la fonction des minéraux dans l'économie de la production végétale.

GEORGES VILLE,
Professeur-administrateur au Muséum d'histoire naturelle.

ASSOCIATION BRITANNIQUE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES (1).

Session de Dundee.

La ville de Dundee, dans laquelle s'est tenue la session de 1867, est une ville manufacturière d'une population de 100 000 âmes environ, bâtie sur une rivière en face de la ville de Perth, sa rivale séculaire. Elle doit son nom, suivant une tradition locale, à ce que le comte Huntingdon, frère de Richard Cœur-de-Lion, y aurait trouvé un refuge, pendant une violente tempête qui l'assaillit à son retour de la terre sainte. On l'aurait nommée *Donum Dei*, par corruption Dundee, et elle serait devenue insensiblement un des foyers de la puissance sacerdotale dans le Nord. Cependant le catholicisme n'étant point, à cette époque, l'adversaire du patriotisme, c'est à Dundee qu'a été élevé Wallace, le libérateur de l'Écosse, et Dundee adopta le parti des patriotes qui délivrèrent l'Écosse du joug des Anglais. Prise et saccagée par Édouard Ier, la ville a été plus tard délivrée par Wallace. C'est à Dundee que s'est réuni, en 1309, le fameux concile proclamant l'indépendance de la nation écossaise et choisissant Robert Bruce comme l'élu de la nation. Quoique séjour d'un grand nombre de congrégations religieuses, peut-être même à cause de cette circonstance, Dundee se montra très-ardente pour la cause de la réformation. Dès 1548, elle avait ses martyrs : le glorieux Wishart, un des apôtres de l'Église réformée d'Écosse, montait sur l'écha-

(1) Voyez le compte rendu de la session de l'année précédente, tenue à Nottingham, dans notre tome III, pages 682 et 745.

faud, par suite d'une sentence prononcée par le cardinal Beaton. Mais la persécution ne devait point, comme on le sait, empêcher les triomphes de la réforme. Quelques années plus tard, l'Église d'Écosse, réunie de nouveau en concile national à Dundee, proclamait la déchéance de la papauté, au spirituel comme au temporel. L'Église presbytérienne, ce terme moyen entre les indépendants et les catholiques, était fondée. Aussi, quand le marquis de Montrose vint, au nom du catholicisme et du pouvoir arbitraire, porter le fer et le feu dans les Highlands, Dundee résista avec un héroïsme commun à cette époque parmi les ennemis du saint-siége. La ville fut prise et saccagée, comme elle l'avait été par les soldats d'Édouard. Mais presbytériens dans le cœur, les habitants de Dundee ne purent accepter sans résistance les principes radicaux des têtes-rondes qui délivrèrent l'Angleterre du règne des Stuarts. Monk fit le siége de Dundee, et la prit pour le compte de Cromwell, comme Montrose l'avait fait pour celui de Charles. Le futur renégat ne se montra pas moins avide et moins cruel que l'avait été l'instrument de la vengeance des Stuarts. Aussi est-ce la dernière fois que Dundee se mêla activement aux révoltes contre l'Angleterre. Lorsque la grande rébellion de 1745 éclata contre le régime tempéré de la nouvelle monarchie anglaise, Dundee isola sa cause de celle des Highlands. Elle fut récompensée de son attitude, et gagna, au triomphe de la monarchie constitutionnelle, la destruction des redevances féodales qu'elle payait à la famille jacobite des Douglas.

Depuis lors aucun événement n'a interrompu la prospérité industrielle de Dundee, que la découverte des métiers à tisser inaugura, et que le régime de liberté civile et du libre échange. Quelques chiffres ne seront point hors de propos pour faire juger de la rapidité de ce développement pacifique obtenu pendant une longue période de liberté et de progrès intérieurs. Au commencement du siècle, la population de Dundee n'était encore que de 26000 âmes. Trente ans après, elle s'élevait à 45000; en 1861, elle était de 51000. Actuellement elle s'approche de 100000, si elle ne dépasse même ce chiffre. Le mouvement industriel, c'est-à-dire la richesse publique, a suivi un développement encore plus rapide. En 1811, la valeur du capital employé dans les fabriques des tissus ne dépassait pas un demi-million de francs; en 1832, elle était de 5 millions; en 1862, elle s'élevait beaucoup au-dessus de 25 millions, et elle atteint aujourd'hui 118 millions. Au nombre de 160, les usines occupaient déjà en 1861 36000 personnes, et consommait pour 60 millions de francs de matières premières. Pendant ces cinq dernières années, le mouvement a continué dans le même sens.

Il y avait longtemps que Dundee briguait l'honneur d'être choisie pour servir de centre de réunion à l'Association Britannique. Ce n'est point sans peine que la ville est parvenue à triompher de Norwich, Exeter et Plymouth, cités non moins ardentes dans leur désir de manifester leur zèle pour le progrès des sciences. Dundee doit sa victoire, en partie du moins, aux efforts que font les citoyens pour construire un Institut scientifique digne d'une grande ville, et à l'offre d'un subside de 300 livres sterling pour aider à la splendeur du meeting et aux frais de publication des séances. Le zèle de la presse locale a du reste été au-dessus de tout éloge. Au premier rang, nous citerons le *Dundee Advertiser*, qui, pendant huit numéros consécutifs, a consacré environ *trente colonnes par jour* au résumé des séances de l'Association. Jamais la publicité libre et indépendante ne s'est mise au service de la science avec une générosité aussi éclatante.

Des alarmistes affectaient de craindre que l'exposition de Paris ne nuisît à l'éclat des séances de l'Association Britannique ; mais le nombre des personnes qui y ont pris part est d'environ 3500 : il est de plusieurs centaines en excès sur le chiffre du meeting de l'année dernière, tenu cependant dans une ville beaucoup plus populeuse et plus rapprochée du centre intellectuel de l'Angleterre. Parmi les savants célèbres qui ont pris part à la session de 1867, et qui ont contribué à animer la discussion autant par leur exemple que par leur présence, nous citerons sir Charles Lyell, sir Samuel Baker, Tyndal, sir W. Thomson, le professeur Philips et sir David Brewster, l'un des fondateurs de l'Association Britannique.

Ce vénérable savant, né en 1781, jouit encore d'une grande activité corporelle et de la plénitude de ses facultés intellectuelles.

La présence de cet illustre membre, associé de notre Académie, donna lieu à une scène émouvante. La salle de l'hôtel de ville était encombrée par une foule compacte, et la chaleur y devint si grande, que le vénérable historien de Newton s'évanouit. On le transporta dans une chambre voisine, et la séance ne reprit que lorsqu'on eut annoncé que le danger était passé.

Trois jours après, sir David prenait une part active aux travaux de la section des sciences mathématiques et physiques. Il constatait avec une pleine liberté de corps et d'esprit les progrès accomplis sous l'influence de ces parlements annuels de la science anglaise, dont les sessions sont si bien remplies, si riches en résultats de tout genre, et dont la postérité lui saura toujours gré d'avoir pris l'initiative.

Quelques jours après l'ouverture de la session, eut lieu une cérémonie imposante tout à fait caractéristique. Le prévôt de Dundee décernait des diplômes de citoyen à trois membres de l'Association, le duc de Buccleugh, sir Roderick Murchison et sir David Brewster. La ville entière s'associait par des illuminations et des trophées de drapeaux à cette adhésion éclatante de Dundee au noble but de coalition éclatante que poursuit l'Association. Il n'y a guère qu'en Angleterre et en Amérique que l'on puisse dire la science véritablement populaire, car c'est là seulement que les savants sont reçus avec autant d'enthousiasme que les têtes couronnées.

Les ouvriers ne furent point non plus oubliés. Ils eurent même une belle part à cette fête de l'intelligence. On leur consacra trois lectures accompagnées d'expériences, prononcées, l'une par Tyndall, l'autre par A. S. Herschel, le petit-fils du grand Herschel, le troisième représentant de la grande dynastie des illustres astronomes anglais, et enfin la dernière par le géologue Archibald Geikie, sous la direction duquel se dresse la belle carte géologique de l'Écosse. Ces leçons eurent lieu dans l'immense salle Kinnaird, en présence d'un public de plusieurs milliers d'auditeurs appartenant à toutes les classes de la société.

Tyndall prononça un admirable discours sur ce sujet de *Force et matière* qu'il sait rendre toujours nouveau. Malheureusement le défaut d'espace nous oblige à renvoyer nos lecteurs à ce qu'ils savent déjà des travaux de l'illustre successeur de Faraday. Cependant nous ne pouvons nous empêcher de citer quelques-unes des figures de rhétorique dont l'éminent professeur s'est servi avec un succès tout à fait gênant pour développer les idées philosophiques devant un public

que les préoccupations théologiques n'avaient point abandonné : car, d'après ce que nous avons raconté plus haut de l'histoire de Dundee, on voit que la période de la réforme y a laissé des racines vivaces.

L'auteur commence par tracer un tableau brillant de la surprise de l'homme primitif en présence des phénomènes inexpliqués de la nature, alors que le réveil progressif de l'intelligence lui permet de contempler pour la première fois les phénomènes qui échappent à la brute. Il compare ce nouvel émancipé à un jeune prince de l'océan Pacifique, qui, voyant pour la première fois son image réfléchie à la surface d'une glace, court derrière le cadre pour voir quelle est la personne qui s'offre ainsi à ses yeux. Il montre ensuite, par l'exemple connu de Newton, le parti qu'un homme de génie peut tirer de l'observation d'un fait aussi vulgaire que la chute d'une pomme. La force, dont on conçoit fatalement la présence, n'est pas toujours simple, elle est quelquefois double ou polaire, comme dans le cas du magnétisme ; mais il y a dans la nature une multitude d'opérations qui échappent à nos yeux, comme la manière dont s'effectuent les combinaisons dont s'occupe la chimie. Nous ignorons complétement en quoi consistent les changements qui s'effectuent dans l'intérieur du fil conjonctif des pôles d'une pile. Ce que nous savons, c'est que ce fil acquiert des propriétés nouvelles. Les propriétés de ces courants inconnus en essence sont multiples, et Tyndall en montre les effets classiques. Il s'arrête à faire comprendre, par l'exemple classique des billes d'ivoire, en quoi consiste le mouvement des atomes, et le mouvement vibratoire, connu sous le nom de chaleur, qui en résulte. Il insiste tout particulièrement sur la grande régularité que prennent les atomes dans leur groupement. Après avoir cité cette magnifique locution du poëte Emerson, les *atomes marchent par cadence*, il donne, à l'aide du microscope, des exemples de cette régularité. L'arbre de Diane lui sert de terme de comparaison avec les miracles de la végétation. Il insiste sur le rôle que jouent les rayons du soleil comme cause ou moteurs de ces actions harmonieuses, et il arrive naturellement à l'idée de l'équivalent mécanique de la chaleur. « C'est le soleil, s'écrie-t-il, qui sépare l'oxygène du carbone dans l'acide carbonique, et rend aussi possibles de nouvelles combinaisons du carbone et de l'oxygène. Que ces nouvelles combinaisons s'opèrent dans le fourneau d'une machine à vapeur ou dans le corps d'un homme, l'origine de la force qui les produit est toujours la même. Dans ce sens, s'est-il écrié, nous sommes tous *des âmes de feu et des enfants du soleil*. Mais nous devons nous résigner, ainsi que le dit Helmholtz, à partager notre origine céleste avec les plus infimes animaux doués de la vie. La grenouille et le crapaud, le singe et le gorille, tirent leur force de la même source que l'homme. (*Rires et applaudissements.*) Parmi les personnes qui m'honorent de leur présence, ajoute-t-il, il en est peut-être qui refusent d'admettre ces conséquences, dans lesquelles elles verraient avec effroi ce qu'on appelle une tendance au matérialisme. *Mais il faut bien qu'on sache que le physicien doit être matérialiste*, car sa science le conduit à découvrir une action nécessaire, et non une action spontanée, des transformations de la matière et non leur création... Mais le problème de l'univers dépasse l'intelligence humaine, et l'homme n'a pas la *mission* de le résoudre. L'intelligence humaine peut être comparée à un instrument de musique qui rend seulement un certain nombre de notes. Au delà des bornes de notre clavier intellectuel, nous rencontrons un silence infini. Les phénomènes de la matière et de la force sont notre domaine, mais notre domaine est circonscrit et entouré de mystères. *Donnez au mystère la forme qu'il vous plaira, je n'ai pas à discuter sur ce point.* Mais que *votre* conception de l'architecte de cet univers soit digne et noble, faites-en votre pensée la plus haute et la plus sainte... » Tyndall ne s'oppose point à ce qu'un *Deus intersit;* mais, renversant l'adage du vieux poëte, il veut que *vindex sit nodo dignus* (1).

Le professeur Herschel prononce, deux jours après, un éloquent discours sur cette question si importante, si poétique des aérolithes. Le petit-fils du grand Herschel, digne de son père et de son grand-père, résume les théories que nos lecteurs connaissent par les extraits que nous leur avons donnés ; mais là ne se borne pas ce savant ingénieux. Il ne lui suffit pas de décrire les étoiles filantes, il a de plus l'ambition de faire assister ses auditeurs à une représentation de ce magnifique phénomène que la nature présente périodiquement à ceux qui veulent les voir. La première expérience qu'il exécute est destinée à donner l'idée d'une combustion à la fois rapide et intense, comme celle que produit la rencontre des météores avec notre atmosphère. Il fait brûler devant ses auditeurs un fil de platine qui, très-fin, est volatilisé avec la rapidité de l'éclair. Il fait ensuite passer l'étincelle électrique dans un long tube de verre où l'on avait fait préalablement le vide, puis le long d'un fil de platine placé dans l'air ordinaire : ce dernier, très-long, rougit à peine ; mais, à l'aide d'un mécanisme très-simple, Herschel en diminue progressivement la longueur, et chacun voit la teinte augmenter d'intensité à mesure que la longueur diminue. L'habile physicien parvient ainsi à la faire passer du rouge pâle jusqu'à une teinte tellement vive, que l'œil ne pouvait la regarder sans être ébloui. Alors il imite le bruit de la chute des aérolithes en imprimant un mouvement circulaire à un petit morceau de bois retenu par une simple ficelle. Il produit de la sorte un ronflement bien connu des enfants, qui excite cependant l'enthousiasme des auditeurs. Il montre ensuite, dans une lanterne magique éclairée par la lumière électrique, plusieurs vues d'averses d'étoiles filantes dessinées d'après ses souvenirs, et qui sont accueillies par une vraie surprise. Ce n'est pas tout, pour faire comprendre la nature des traces lumineuses laissées dans le ciel par les météores, le savant astronome a recours successivement aux phénomènes de phosphorescence et de fluorescence. Il fait passer notamment l'étincelle électrique dans les tubes contenant un sulfure alcalin. Après que le courant a circulé pendant quelque temps, il l'interrompt subitement, et constate que le tube conserve une teinte verte visible dans toutes les parties de l'amphithéâtre. En soumettant immédiatement ces lueurs à un analyseur spectral pourvu d'un prisme et d'une lentille, il n'a point de peine à constater la présence d'une ligne jaune indiquant qu'il y a du sodium répandu à l'état de vapeur dans le tube phosphorescent, et que, par conséquent, son phosphure alcalin est à base de soude.

(1) Cette leçon a suscité quelques protestations dans les journaux de Dundee. Un correspondant du *Dundee Advertiser* cite une parole caractéristique échappée au duc de Buccleugh : « J'aurais plutôt renoncé à la présidence, si j'avais pu croire que les vérités scientifiques porteraient préjudice à l'intégrité de la foi. »

Budget de l'Association Britannique.

L'Association Britannique continue à donner d'une main aussi intelligente que sagement parcimonieuse, car ses ressources sont très-limitées, des encouragements à divers travaux d'un ordre très-élevé. On est toujours étonné de ce que la Société peut faire en dépensant un budget qui n'excède pas les ressources d'un simple particulier. Elle a donné 15000 francs, comme d'ordinaire, à l'observatoire de Kew; 1250 francs à des instruments météorologiques employés pour l'exploration de la Palestine; 3000 francs au comité de la lune; 750 francs au comité des poids et mesures; 1250 francs pour l'exploration de la Palestine; 750 francs pour la faune de ce pays, qui préoccupe tous les anglicans; 1250 francs pour l'étude des pluies en Angleterre; 625 francs pour les mines de charbon de Kilkerny; 1250 francs pour les météores lumineux; 2500 francs pour l'étude de la condensation de la vapeur dans la navigation; 625 francs pour l'étude de la série éthyle et méthyle; 623 francs pour l'étude de la propagation du son dans l'eau; 2500 francs pour l'étude d'une unité électrique; près de 5000 francs pour l'étude de la flore et de la faune du Groenland; 600 francs pour l'étude de la loi des patentes, etc., etc. Ces divers comités font des rapports que nous allons parcourir successivement. La *Revue* a déjà publié (tome IV, page 792, 9 novembre 1867) celui du *comité des météores lumineux*, à cause de l'urgence qu'il y avait à faire connaître les résultats auxquels le savant rapporteur Glaisher est arrivé, et surtout de l'usage que l'on en pouvait faire pour l'étude des météores de novembre.

Discours du président.

Ordinairement le discours du président est un résumé brillant des progrès de la science accomplis depuis la réunion dernière, il sert d'entrée en matière pour les débats qui ont lieu dans les différentes sections. Les présidents de section, suivant cet exemple, font des discours d'ouverture dans lesquels ils résument les progrès accomplis ou les problèmes à l'ordre du jour de leurs spécialités. Cette fois, le duc de Buccleugh s'est borné à prononcer quelques paroles sans apprêt, mais sans portée philosophique ou scientifique, et que nous devons par conséquent nous dispenser de reproduire. Le noble duc dit qu'il avait montré plus de courage que tous ses ancêtres en acceptant la présidence d'une assemblée de savants. Honneur donc au courage malheureux!

SECTION DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Comité de la lune. — Les savants anglais qui travaillent depuis longtemps à une exploration systématique de la lune sont divisés d'opinion sur un fait d'une immense importance dans l'astronomie physique. Les deux philosophies relatives à l'état du monde lunaire sont aussi bien représentées de l'autre côté du détroit que sur le continent européen. M. Nashmyth prétend que la surface de la lune ne change point d'aspect; et que les forces volcaniques qui ont incontestablement agi sur elle ne produisent plus aujourd'hui aucun effet; au contraire, MM. Bost et Webb prétendent avoir constaté des modifications assez notables à la surface de ce globe, où toute vie n'est peut-être pas éteinte. Pour les mettre d'accord, l'Association a établi un comité lunaire, qui a commencé par recueillir des documents, lesquels remplissent douze volumes in-folio, et qui a fini par se décider à construire une carte dont les dimensions soient doubles de celles de MM. Baer et Maedler. Les objets dont la configuration peut être considérée comme fixée par des observations nombreuses s'élève à environ 1500. Les amateurs pourront trouver, dans la collection des *Transactions de l'Association Britannique*, un modèle de notation adoptée. Cette année, le comité, placé sous la présidence de M. Glaisher, présente un fragment de sa carte, et M. Bost donne lecture du rapport. Pour obtenir des observations dignes de foi, le comité fait appel à la bonne volonté des volontaires de l'astronomie. Mais pour que les dévouements soient utiles, il faut qu'ils soient éclairés, et que chaque observateur s'astreigne à concentrer son travail sur un district lunaire d'une assez faible étendue, afin de se familiariser avec les moindres détails des objets qui s'y trouvent. Il faut aussi, pour que les observations soient valables, qu'elles émanent de deux astronomes n'ayant aucun rapport l'un avec l'autre, afin que l'un serve à son associé de contrôle indispensable. M. Schmidt de l'observatoire d'Athènes, ayant attiré l'attention publique sur des changements survenus au cratère Linné, cet objet devait être naturellement le but des recherches du comité. Malheureusement son état primitif n'a point été déterminé d'une façon parfaitement authentique, car il ne fait point partie des districts déjà étudiés, nous pourrions presque dire cadastrés. Cependant M. Bost pense qu'un petit cratère qui paraît comme une tache de lumière blanche, et dont l'ombre ressemble à un trou noir, a incontestablement augmenté de dimension. Répondant à des interpellations de sir William Thomson, M. Bost n'hésite point à déclarer qu'il est possible de constater des modifications semblables à celles que produiraient à la surface de la terre les éruptions du Vésuve et de l'Etna; il croit qu'un des cratères de la lune a été rempli par des laves depuis la constitution du comité lunaire. Il ajoute même qu'il pense qu'aucun obstacle n'empêche que l'on puisse saisir un volcan lunaire en activité. Comme on le voit par ces courtes explications, que nous donnons à regret en abrégé, les beaux travaux du comité lunaire, continués avec persévérance, promettent de faire cesser l'incertitude dans laquelle nous vivons sur l'état physique de notre satellite. Les magnifiques photographies lunaires de M. Warren de la Rue auront contribué efficacement au succès probable de ces recherches véritablement dignes des savants éclairés qui y dévouent leurs laborieux loisirs (1).

Éclipse totale du soleil en 1868. — Sir W. Thomson a donné lecture d'un mémoire du docteur Tennant sur cet intéressant phénomène qui sera observé dans l'Inde avec d'excellentes conditions. Le gouvernement anglais a décidé qu'on enverrait dans la Péninsule des instruments très-puissants. Au nombre de ces appareils, nous devons citer un télescope de grande dimension destiné à prendre des épreuves photogra-

(1) On ne saurait trop regretter que les recherches d'astronomie physique soient si complétement négligées en France, malgré les réclamations réitérées de quelques-uns de nos astronomes les plus éminents, notamment M. Faye. Les récentes découvertes physico-chimiques donnent une importance toute particulière à cet ordre de recherches, qui est aujourd'hui la branche la plus féconde de l'astronomie, et qui nous ouvre, par l'analyse spectrale, par exemple, des horizons qu'on eût à peine osé signaler autrefois. Il en coûterait cependant bien peu pour organiser ces recherches physiques, et les sommes qu'y consacre l'Association Britannique sont loin d'atteindre le prix de la moindre publication mathématique faite aux frais de l'État en France.

phiques. Des précautions spéciales permettront sans doute d'obtenir des vues de la couronne, cet objet mystérieux entrevu pour la première fois par Arago lors de l'éclipse totale de Perpignan. Depuis lors elle accompagne toutes les éclipses totales, et l'on ne possède encore sur sa nature que des notions vagues et des spéculations dont aucune n'a paru bien solide. M. Ladd, l'habile constructeur d'instruments de physique, auquel on doit la machine électro-magnétique *sans aimant*, a annoncé qu'il avait construit un spectroscope spécial pour le télescope du major Tennant. Il saisit cette occasion pour déclarer qu'aucun astronome ne devait dorénavant se dispenser, dans aucune observation, d'étudier avec un spectroscope les propriétés de la lumière des astres. Nous espérons que l'aéronautique ne sera point oubliée non plus dans les observations de la future éclipse, car il serait possible que des nuages obstinés vinssent rendre inutiles de si nombreux préparatifs. Même dans l'Inde, on a vu les nuages jouer aux astronomes des tours vraiment impardonnables (1).

Travaux exécutés à l'observatoire central météorologique de Kew. — Les observations météorologiques ont été continuées cette année, comme les années précédentes, avec les instruments enregistreurs pareils à ceux qui fonctionnent à l'observatoire de Greenwich, et qui ont été exposés à Paris à l'exposition de 1855. Depuis cette époque, ces divers appareils ont reçu des perfectionnements de détail, particulièrement les anémographes et les magnétographes. Les seuls instruments réellement nouveaux sont les magnétographes destinés à l'enregistrement des courants spontanés. Le rapport de cette année annonce la construction d'un petit bâtiment pour la vérification des instruments météorologiques, précaution indispensable, afin que les observations prises par un nombre considérable de personnes réparties sur toute la surface du globe puissent être comparables les unes avec les autres.

Propriétés physiques des vapeurs en suspension dans l'atmosphère. — Tyndall a montré, par des expériences qui font la base de la météorologie nouvelle, qu'il suffit d'une faible quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère pour arrêter le passage de la chaleur obscure, et par conséquent diminuer, dans une énorme proportion, l'influence du refroidissement vers les régions supérieures. Quelques-unes des conclusions de Tyndall ont été attaquées par M. Russell, qui ne croit pas que le rayonnement des vapeurs vers les espaces célestes soit susceptible de produire les nuages, et qui n'admet pas non plus que le froid produit par l'expansion des vapeurs, lorsqu'elles s'élèvent dans les régions supérieures, puisse produire la précipitation de l'eau gazeuse sous forme de pluie. Sir W. Thomson, l'émule de Tyndall, a soutenu la dernière partie de ces assertions. Il saisit l'occasion pour donner des détails intéressants sur la constitution des nuages. Il dit que les nuages sont formés de gouttes de pluie si fines, qu'elles ne peuvent descendre en vertu de la gravité, retenues qu'elles sont par les frottements sur l'air. C'est la grosseur des sphères aqueuses qui détermine la rapidité de leur chute à travers l'atmosphère. Dans le brouillard, la descente des globules est si lente, que le professeur Stokes a montré que, dans certains cas, elle est seulement de quelques pouces par heure.

Comité pluviométrique. — La quantité d'eau reçue par les différents points de la surface de la terre est un élément de la plus haute importance. Aussi l'Association Britannique a-t-elle créé un comité spécial pour recueillir les observations relatives à cette donnée essentielle, et chargé M. Symmonds de visiter les pluviomètres établis par les personnes désireuses de contribuer à ces études. Le nombre des pluviomètres ainsi visités était de 190 lors de la dernière réunion de l'Association Britannique, et M. Symmonds a porté ce nombre à 250. Des pluviomètres supplémentaires ont été établis dans les districts des lacs, afin de déterminer d'une manière précise l'influence des masses d'eau sur l'état hygrométrique de l'air. Le comité a donné des indications sur les moyens de déduire l'altitude de chaque pluviomètre de la carte publiée par l'état-major anglais, et d'observations barométriques. M. Glaisher a fait un appel à toutes les personnes qui, possédant des propriétés dans le voisinage de masses d'eau, désirent contribuer à une vaste enquête dont le succès prochain semble infaillible (1).

Mesures électriques. — On a discuté le rapport déjà publié précédemment du comité pour l'étude des résistances électriques ; on a décrit un nouvel appareil dû à M. Siemens pour mesurer la résistance électrique avec une très-grande approximation. Sir W. Thomson a décrit une série d'électromètres comparables les uns avec les autres, et formant une longue série graduée de manière à pouvoir mesurer tous les états électriques de l'air. Les principes de ces électromètres, que nous avons vus fonctionner dans l'observatoire de Greenwich, sont déjà trop bien connus de l'autre côté du détroit, pour qu'il y ait lieu de s'étonner que leur usage n'ait point pénétré dans les établissements scientifiques français. Sir W. Thomson a insisté sur des détails de construction destinés à leur donner une sensibilité encore plus grande.

Progrès des observations météorologiques à Maurice. — On a déjà écrit, il y a nombre d'années, que les grandes lois générales de la météorologie doivent être étudiées dans les régions tropicales et dans les régions polaires, mais non point dans les régions intermédiaires, où le froid et le chaud se combattent tout le long de l'année. M. Meldrum, directeur de l'observatoire de l'île Maurice, a annoncé que cette lacune va disparaître de la science moderne, sir Hervey Barkley, gouverneur de la colonie, ayant pris les mesures nécessaires pour la construction d'un observatoire météorologique du premier rang, c'est-à-dire pourvu de tous les instruments enregistreurs, sans lesquels il n'y a point, à proprement parler, d'observatoire.

Ouragans de l'océan Indien. — M. Meldrum a présenté un mémoire qui sera imprimé *in extenso* dans les *Transactions*.

(1) Gentil de la Galaissière était parti pour l'Inde en 1760, afin d'observer le premier passage de Vénus du siècle dernier. La guerre que nous soutenions contre les Anglais l'empêcha de se livrer aux observations de cet intéressant phénomène, qu'il n'aperçut qu'imparfaitement, en 1761, à bord du navire attardé où il se trouvait ; mais il eut la patience d'attendre jusqu'en 1769, à Pondichéry, l'époque du second passage. Son dévouement à la science lui coûta d'abord sa place à l'Académie des sciences, où l'on finit par le remplacer, n'ayant point de nouvelles sur son compte, et ensuite sa fortune, qu'un mandataire infidèle dissipa. Pour comble de chagrin, des nuages épais le séparèrent entièrement du phénomène rare qu'il avait fait tant de sacrifices pour attendre !

(1) Voyez dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 28 octobre 1867, la note de M. Rayet sur la discussion des observations pluviométriques faites dans les stations françaises, du 1er juin 1866 au 31 mars 1867, insérées dans la 3e partie de l'atlas météorologique de l'Observatoire impérial. La carte présentée à l'Institut donne la place de 525 udomètres, parmi lesquels 70 font partie des stations de l'Observatoire de Paris.

L'auteur cherche à démontrer, mieux qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour, que ces ouragans sont bien en réalité des tourbillons produits entre l'alizé sud-est et la mousson nord-ouest. Il a mis en évidence le mouvement en spirale du vent, à l'aide d'extraits du livre de bord du *Comte de Dalhousie*, navire de Dundee qui, en mai 1863, a tourné plusieurs fois sur lui-même, s'approchant constamment du centre avec une vitesse de treize nœuds à l'heure. Le vent tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. M. Meldrum attribue un grand nombre de naufrages aux instructions données aux navigateurs. Sir W. Thomson fait remarquer que les ouragans de l'océan Indien *marchent généralement par paires*, de sorte que, en fuyant un ouragan, les navigateurs peuvent souvent se diriger dans le centre de l'ouragan conjugué. Or, on sait que c'est dans le centre des tourbillons que le danger est immense.

Prévision des orages. — L'usage de la télégraphie électrique pour la prévision des orages avait été recommandé par l'Association Britannique dans sa session d'Aberdeen en 1857, et organisé sous la direction de l'amiral Fitzroy, par le *Board of Trade*. Les signaux, fort simples et visibles à une grande distance en mer, ont été exposés en 1867 au palais du Champ de Mars, dans la section anglaise. Mais la Société royale a refusé de nommer un successeur à l'amiral Fitzroy, lors du suicide de ce savant marin. Elle a demandé la suppression des signaux, ce qui a été exécuté, après une enquête parlementaire, malgré les réclamations des chambres de commerce et des marins, bons juges en pareille matière. Mais les membres de la Société royale n'ont point voulu procéder par voie d'élimination pure et simple. Ils ont seulement décidé l'établissement d'un réseau d'observatoires météorologiques pourvus d'instruments enregistreurs, et ajourné à quinze années la reprise des avertissements, alors que des lois plus sérieuses auraient été découvertes : le principal reproche adressé à l'amiral étant, non pas l'inutilité de ses prévisions, mais leur défaut de caractère scientifique.

Le colonel Sykes, membre du parlement pour la ville d'Aberdeen, a donné lecture d'un long rapport sur les progrès de la météorologie, et accusé avec énergie la Société royale d'avoir fait preuve de pédantisme, en détruisant des prévisions dont l'utilité était reconnue, et qui du reste ont été imitées par plusieurs nations civilisées.

— M. Gassiot, un des membres du comité de la Société royale, défend ses collègues du reproche de pédantisme, explique qu'ils cherchent à rendre possible la prévision du temps par une série de quinze années d'observations rationnelles. En outre, il apprend que le comité scientifique a l'intention de charger le capitaine Toynbee de communiquer, à un certain nombre de ports choisis par le *Board of Trade*, tous les faits de nature à intéresser les navigateurs.

— M. John Don, président de la chambre de commerce de Dundee, approuve chaleureusement, au nom des intérêts maritimes, les critiques du colonel Sykes.

— M. Milne Holmes, président de la Société météorologique d'Écosse, propose, au milieu de vifs applaudissements et à la suite d'un discours assez vif, dans lequel il reprend une bonne partie des critiques du colonel Sykes, « de prier le conseil de l'Association Britannique de se mettre en rapport avec le *Board of Trade*, et de demander le rétablissement des avertissements des orages, ainsi qu'ils ont été établis par l'amiral Fitzroy. »

— Le duc de Buccleugh et un des membres de la députation de 1859, à laquelle est dû l'établissement des signaux, approuvent, dans l'intérêt du commerce, la motion de M. Milne Holmes. — Sir John Ogilvy parle dans le même sens.

— M. Balfour Stewart, directeur de l'observatoire météorologique de Kew, prend la défense du comité de la Société royale, et cherche à expliquer que le système du comité ne diffère pas beaucoup de celui de l'amiral Fitzroy, puisqu'il ne supprime point l'office central de Londres, et qu'il a l'intention d'envoyer aux différents ports les faits météorologiques intéressants.

— M. Glaisher, parlant à la fois comme membre de la Société météorologique d'Angleterre, et comme directeur de l'observatoire météorologique de Greenwich, insiste. Il dépeint la surprise avec laquelle les marins et les météorologistes ont appris la suppression des signaux. Le savant physicien fait remarquer qu'il est parfaitement inutile et même dangereux d'envoyer par télégraphe des données météorologiques, si l'on ne cherche à les interpréter, et si l'on ne fait des signaux particuliers pour avertir de l'approche des tempêtes. Car les marins, si les physiciens de profession ne les guidaient dans leur interprétation, en tireraient généralement des conclusion erronées!

— L'amiral Belcher déclare que l'amiral Fitzroy a été jugé par une cour martiale composée d'officiers civils qui n'avaient aucune des qualités nécessaires pour rendre un verdict sérieux. Il rappelle qu'en 1812 l'amiral Fitzroy avait l'habitude d'envoyer des signaux aux navires de la flotte qui bloquait Bordeaux, chaque fois que le baromètre annonçait un changement de temps. Il a vu un capitaine de vaisseau prédire l'arrivée d'une tempête en regardant son baromètre, et la prédiction si rapidement suivie d'effets, que les mousses de l'équipage du navire occupé à poursuivre les Français n'eurent pas le temps d'exécuter les ordres qui leur furent donnés. Avant qu'ils fussent parvenus au bout des mâts, les voiles, enlevées par la tourmente, volaient en lambeaux. Il est arrivé bien des fois à l'amiral Belcher de prédire une tempête en indiquant de plus l'aire du vent d'où elle soufflerait. Il a vu souvent sa prédiction réalisée dans tous ses détails. Comment se fait-il que les serpents, les oiseaux, les poissons, les reptiles, presque tous les animaux, sentent l'arrivée de la tempête, et que l'homme, armé de tous ses instruments météorologiques, ne puisse arriver au même résultat?

— Le révérend Pritchard présente quelques critiques, non pas contre le système d'avertissements météorologiques, mais contre la valeur des signaux employés par l'amiral Fitzroy. Il pense que l'Association Britannique ne peut s'empêcher de tenir compte de l'opinion d'un comité présidé par un homme tel que le général Sabine ; que la vérité se trouve, cette fois comme toujours, entre les deux opinions extrêmes ; il croit que l'Association Britannique devrait se garder de lier les mains du gouvernement : au lieu de dire qu'il est nécessaire de continuer les signaux de l'amiral Fitzroy, il est prudent de se borner à dire qu'il est nécessaire de rétablir les signaux des tempêtes.

— Malgré la résistance de M. Milne Holmes, président de la Société météorologique d'Écosse, qui reprend la parole pour défendre le système de l'amiral Fitzroy, l'opinion du révérend Pritchard domine, après quelques mots prononcés en sa faveur par le duc de Buccleugh, à l'opinion duquel M. Milne Holmes finit par se ranger lui-même. La proposition est mise aux voix et adoptée à l'unanimité. On aura un système à peu près semblable à celui du savant amiral ; mais le nom de ce

savant enthousiaste et malheureux ne sera pas prononcé !

Sous sa forme nouvelle, la motion a déjà eu une grande influence sur l'opinion du gouvernement anglais, et nous pouvons nous attendre à ce que la prochaine session législative ne se passe point sans l'adoption de quelque mesure importante pour renouveler la météorologie anglaise, et par conséquent la nôtre. En effet, on sait que nous suivons les traces de nos voisins d'outre-Manche, ayant créé un service météorologique quand ils ont cru devoir le faire, ayant également supprimé les signaux en même temps qu'ils ont perdu confiance dans leur efficacité.

Carte des tempêtes de 1866. — La carte des tempêtes que le Bureau du commerce a présentée, comme les autres années, à l'Association Britannique, prouve que le nombre des accidents dans les mers anglaises a été de 1860, ayant produit des sinistres à bord de 2289 bâtiments, sur lesquels 1901 appartiennent à la marine anglaise. Le nombre des abordages en mer est de 422, ce qui réduit les accidents d'une autre nature à 1438, c'est-à-dire supérieur de plus de 100 au nombre de 1865, lequel était lui-même supérieur à tous les autres. Le plus faible depuis 1858 était celui de l'année 1864, qui était descendu à 1039. Le nombre des pertes totales a été de 562 en 1866, nombre qui, à lui seul, suffit pour rendre compte de presque tout l'excédant des accidents. Comme d'ordinaire, le plus grand nombre d'accidents a été constaté sur les côtes orientales, et surtout sur celles d'Irlande, car c'est dans le canal Saint-George qu'ont toujours lieu la plupart des naufrages. On évalue à un demi-million le nombre total des passagers ou des marins qui ont abordé les côtes anglaises, et à 896 le nombre de ceux qui ont péri dans cette année, qui a été, comme on le voit, remarquablement orageuse. Le nombre des personnes sauvées par les *life-boats* de la Société humaine peut être évalué à 1600.

Action singulière d'un éclair. — Sir David Brewster fait hommage au musée de Saint-André d'une concrétion calcaire découverte au milieu d'un trou pratiqué dans une meule de foin par un coup de foudre qui tomba dans l'été de 1867. On pourrait croire, au premier abord, qu'il s'agit d'un morceau de lave transporté par la foudre; mais en y regardant de près, on reconnaît le résidu siliceux de combustion du foin qui remplissait le canal creusé par la foudre. La masse contient encore quelques parcelles de foin carbonisé.

Observations d'électricité atmosphérique. — Ces phénomènes ont été observés à Kew par sir William Thomson pendant les deux années écoulées depuis juin 1862 jusqu'à fin mai 1864. Le docteur Everett a suivi les mêmes phénomènes pendant la même période à Windsor (Nouvelle-Écosse); malheureusement il n'avait point, comme sir William Thomson, des instruments enregistreurs. Comme on le sait, sir William Thomson a trouvé deux maxima diurnes, l'un de huit à dix heures du matin, et le second plus sensible de huit à dix heures du soir. En Amérique, ces deux maxima existent, mais leur valeur relative n'est pas la même : le second maximum est plus faible que le premier, et même que la tension électrique, de deux à trois heures du soir. La courbe de Kew marche d'accord avec celle de Windsor de janvier en octobre ; mais, à partir de ce moment, les deux courbes paraissent marcher en sens inverse. Le maximum principal est dans les deux stations en février ou mars ; mais, dans le mois de novembre, Kew a un maximum et Windsor un minimum. Windsor a un second minimum en juin.

Couleurs des bulles de savon. — Sir David Brewster, en représentant les expériences de Plateau sur l'*équilibre d'une masse liquide sans pesanteur*, examine les couleurs présentées par des fils d'eau de savon, plan-convexes et concaves. Les changements de couleur qu'il observa étaient tout à fait inexplicables, en admettant que ces teintes sont dues à des variations d'épaisseur. Le savant historien de Newton pense qu'elles sont dues, au contraire, à la formation de substances nouvelles répandues à la surface des filaments, et qui, rentrant dans l'intérieur de la masse sous l'action de forces imperceptibles, deviennent très-facilement invisibles. Sir David Brewster dit que ces expériences peuvent être faites en peu de minutes, et en ajoutant de la glycérine, on donne aux filaments une longueur plus grande. Sir William Thomson fait remarquer que la question des bulles de savon, si insignifiante aux yeux des ignorants, est une des plus intéressantes et des plus compliquées dont les vrais savants aient à se préoccuper.

Illumination des bouées flottant en mer au moyen de l'électricité. — Parmi les moyens qui peuvent être proposés pour réduire considérablement le nombre des sinistres à la mer, nous citerons le sujet dont nous nous occupons en ce moment. Il a été traité à fond dans un mémoire lu par M. Stevenson. L'auteur a fait, pour la première fois, une proposition analogue en janvier 1854 devant la Société écossaise des arts. Dans un rapport présenté en 1865 au comité des phares du Nord, il proposa, en commun avec son ami le professeur Swan, la combinaison d'une bouteille de Leyde et d'un fil d'induction. En janvier 1866, ces deux savants étaient parvenus à obtenir une lumière très-visible avec quatre pots de Bunsen, comme excitant électrique. De nouvelles expériences auxquelles prirent part plusieurs électriciens, parmi lesquels M. Siemens, le docteur Strethil Wright, M. Bretner et M. Hart, conduisirent à établir une lumière très-visible pour le prix de 2 francs 50 centimes pour seize heures, et au moyen de courants qui franchissaient un câble de 800 pieds de longueur. L'appareil tel qu'il est organisé actuellement consiste en un levier qui se trouve sur la bouée, et qui est mis en mouvement par le courant primaire agissant sur un aimant. Les oscillations de ce levier produisent un courant d'induction qui brûle une certaine quantité de mercure. M. Stevenson estime que très-prochainement, l'usage de ces appareils rendra la navigation d'un port comme celui de Liverpool aussi facile pendant la nuit qu'elle peut l'être pendant le jour, car la présence de toutes les bouées peut être signalée par ces vifs éclats de lumière. L'appareil de M. Stevenson a été exposé aux regards des habitants de Dundee et a illuminé les fenêtres de la haute école. Sans doute, à cause du peu d'intérêt que la commission impériale a pris au progrès scientifique, et au manque de facilités données aux inventeurs pour faire des expériences, il n'a point figuré en action à l'Exposition universelle de Paris, dont il aurait fait un des plus beaux ornements.

Chaleur intérieure de la terre. — Sir William Thomson a donné lecture d'un long mémoire écrit sur cet intéressant sujet par le docteur Schvarez. L'auteur soutient que la doctrine du feu central ne suffit point pour expliquer un grand nombre de phénomènes naturels, lesquels, il y a cinquante ans, étaient considérés comme autant de corollaires essentiels de cette doctrine. Du reste, cette doctrine du feu central n'est point du tout une conséquence légitime de l'accroisse-

ment de la température avec la profondeur. Quant à cet accroissement, il est bien loin lui-même d'être prouvé. Comme beaucoup d'autres opinions sujettes à révision, la théorie enseignée dans les grandes écoles ne repose elle-même sur aucune expérience sérieuse. L'auteur termine en demandant des expériences, et indique un procédé pour les effectuer. Sir William Thomson, à qui on doit l'ingénieuse explication de la chaleur solaire par la chute des météorites, a présenté quelques observations à l'appui du remarquable travail dont il vient de donner lecture, et annonce que l'étude des températures souterraines va être entreprise aux frais de l'Association Britannique.

Sir Charles Lyell, qui a suivi avec un intérêt visible la lecture du remarquable mémoire du docteur Julius Schvarcz, exprime toute la satisfaction qu'il éprouve en apprenant qu'un problème aussi important que celui des températures souterraines va être étudié par l'Association Britannique. Il pense que, dans l'état actuel des choses, il est à peu près prouvé que la température augmente à mesure que l'on pénètre plus profondément dans l'intérieur de la terre ; mais il est impossible de dire quel est cet accroissement, et c'est commettre une énorme erreur de fait et de logique que de soutenir qu'il est proportionnel à la profondeur. Le professeur Ramsay, le professeur Elliot, ajoutent quelques remarques dans le même sens, et des remerciments sont officiellement votés au docteur Julius Schvarcz pour son intéressante communication. Personne, en France, ne paraît émettre le moindre doute, au moins dans l'enseignement officiel, sur la réalité de la chaleur centrale.

SECTION DE GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE.

Dans son discours d'ouverture, le professeur Geikie insiste spécialement sur le développement des roches dites d'origine ignée dans la constitution de la Grande-Bretagne. Il montre, dans un discours très-long et très-étudié, combien a été considérable l'influence de l'action volcanique dans la constitution volcanique d'un pays où les tremblements de terre sont actuellement si exceptionnels. Ce remarquable discours a servi très-bien de préface aux communications sur lesquelles les géologues anglais ont eu à discuter, et dont les plus importantes ont précisément trait à l'action du feu central.

Rapport du progrès de l'exploration géologique de l'Écosse, par M. Geikie. — Les principes nous paraissent à peu près les mêmes que ceux qui ont servi pour la construction de la carte géologique d'Angleterre, qu'on a pu admirer à l'Exposition universelle, et dont la commission anglaise a fait généreusement hommage à la Société géologique de France.

Comité pour l'exploration des cavernes. — L'Association Britannique a donné des fonds à un comité particulièrement chargé de procéder à l'exploration de cavernes situées dans le comté de Devonshire. Les précautions les plus minutieuses sont prises pour que de mauvais plaisants n'y introduisent point frauduleusement des objets destinés à être trouvés plus tard par les ouvriers et à troubler l'esprit des antiquaires. La succession des dépôts a été trouvée encore cette année la même que celle décrite dans les précédents rapports (1); cependant il faut faire une exception pour le vestibule, où l'on a trouvé la couche de terre noire séparée de la stalagmite par une couche de terre rouge dont aucune trace n'existait ailleurs. Les objets les plus intéressants trouvés depuis le dernier rapport sont incontestablement des débris de squelettes humains ; on remarque un crâne trouvé à six pouces au-dessous de la surface, dans le voisinage de l'entrée septentrionale de la caverne. La stalagmite où l'on a découvert les autres débris offrait son caractère ordinaire, et était peu riche en fossiles ou en outils. On n'y a découvert qu'une dent isolée et un morceau de mâchoire supérieure portant quatre dents. La couche de terre noire qui se trouvait au-dessous de la stalagmite contenait des os, des dents et des outils de silex. Plusieurs ossements avaient subi l'action du feu. Parmi les animaux qui ont laissé leurs débris dans cette couche, on compte l'*Hyæna spelæa* et le *Rhinoceros tichorhinus*. Il paraît impossible de supposer que ces objets aient pu être introduits dans la caverne, autrement que par l'action volontaire de l'homme, à une époque où la stalagmite n'existait point encore. Avec les instruments de flint se trouvent trois outils d'os qui offrent tous les caractères connus d'une haute antiquité.

Le rapport insiste de nouveau, avec beaucoup de détails qui ne peuvent trouver place ici, pour démontrer que l'homme a occupé le comté de Devonshire à une époque où il était évidemment habité par le lion des cavernes, l'ours des cavernes, l'hyène des cavernes, etc., etc. Il décrit avec un soin particulier les objets d'os, et surtout une épingle qui paraît avoir été polie avec soin, et qui semble avoir été un objet de toilette à l'usage des élégants de ces temps antérieurs à toute civilisation régulière. Le vestibule de la caverne, qui était la partie la plus vaste, semble, comme il est ordinaire, avoir été le séjour de prédilection du troglodyte. C'est là qu'il avait établi son foyer, qu'il prenait ses repas. Les découvertes faites dans cette caverne encouragent à continuer scientifiquement les recherches. Tout autorise à espérer qu'on finira par découvrir des os humains, quoique en moindre nombre que ceux des autres espèces, enchâssés dans la roche, et se trouvant enfin dans une situation telle que les adversaires de l'antiquité de l'homme les plus difficiles à satisfaire se tiendront pour convaincus.

— Sir Charles Lyell félicite la section des résultats qu'elle a obtenus dans l'exploration de ces cavernes. Il appelle l'attention sur ce fait remarquable, que dans chaque partie on découvre de nouvelles espèces. Il pense qu'il est de la plus grande importance de continuer ces travaux, et que beaucoup d'années s'écouleront avant que ce riche gîte ossifère ait été convenablement exploré. On a trouvé dans les couches de sable de cette caverne la preuve que l'homme a été contemporain du mammouth, et même qu'il a existé en même temps que trois espèces différentes d'éléphants. On a des preuves tout à fait authentiques que les êtres intelligents qui ont fabriqué ces instruments de silex et ces outils d'os ont eu à se mesurer successivement avec trois races de pachydermes géants. Quel que soit le scepticisme qui puisse exister encore dans l'esprit des personnes qui ne sont point habituées aux recherches archéologiques, ajoute le savant auteur de l'*Antiquité de l'homme*, il est impossible de jeter les yeux sur ces silex et ces os taillés, sans reconnaître l'action d'une créature intelligente ayant vécu à une époque tellement reculée, que notre chronologie est embarrassée pour l'évaluer.

(1) On avait découvert deux couches distinctes, quoique superposées, l'une de terre noire, superficielle, et l'autre de terre rouge, plus profonde. — Voyez la description de ces fouilles dans une conférence de Pengelly, membre du comité, *Revue des cours scientifiques*, tome III, 520, numéro du 18 août 1866.

vénérable géologue termine son discours en proposant un vote de remercîment au comité qui dirige avec tant de bonheur l'exploration de cette belle caverne, et qui s'acquitte d'une façon si distinguée de la mission qui lui a été confiée.

— M. Vyatt serait heureux si un de ces incrédules qui font de timides objections venait les présenter à la section, en face de la multitude de témoignages actuellement recueillis. — Le révérend M. Brodie de Monimail prend en effet la parole pour répondre au défi porté par M. Vyatt. Il s'annonce comme un adversaire de la théorie de l'antiquité de l'homme telle qu'*elle* est enseignée par M. Charles Lyell. Mais on ne tarde *point* à s'apercevoir qu'il admet cependant la contemporanéité de l'homme avec les espèces éteintes, qu'il ne met pas en question la réalité de l'action de l'homme dans la fabrication des armes de silex. Il présente quelques objections de détail n'ayant aucunement trait au rapport; aussi le vote de remercîment proposé par M. Lyell est-il adopté sans opposition.

Anciens rivages de la mer et bancs sous-marins. — M. Milne Holmes, le savant président de la Société météorologique d'Écosse, a donné le résultat des observations personnelles faites sur les rives de ce golfe pittoresque et bizarrement découpé, connu sous le nom de *Frith de Forth*. Le rivage de l'embouchure de cet estuaire est d'environ 13 à 14 pieds au-dessus du niveau de la mer, tandis que près de Sterling, la hauteur moyenne est de 31 pieds. Ce rivage incliné est accompagné de deux autres plus anciens, dont le premier est à une hauteur de 60 pieds et le second à une hauteur de 120. Les squelettes de baleines et de veaux marins se trouvent à une hauteur de 18 à 23 pieds. Les coquilles sont entières à partir d'une hauteur de 14 pieds; plus près du niveau actuel de la mer, elles sont toutes roulées. M. Holmes attribue l'origine de cet estuaire remarquable à de grandes fractures produites dans la contrée voisine dans le sens de l'est à l'ouest, et remplies actuellement par un bras de mer.

SECTION DE CHIMIE.

Discours d'ouverture du professeur Anderson. — « Dans beaucoup d'occasions précédentes, l'Association Britannique s'est réunie dans des endroits où les chimistes ont trouvé les occasions les plus multipliées pour voir les principes de leur science mis en pratique; mais il n'en est point ainsi à Dundee, où les arts chimiques proprement dits sont peu développés. Dans de pareilles circonstances, on peut espérer que les séances de la section seront plus particulièrement consacrées à la discussion des grands principes de la science qui n'offrent aucun intérêt pour le public, et qui sont généralement considérés comme du domaine exclusif des personnes adonnées aux recherches scientifiques. Généralement on ne reconnaît point assez la valeur de ces recherches; car elles constituent le seul fondement solide sur lequel on puisse bâtir l'édifice du progrès pratique. Cependant l'étude des principes est excessivement importante; car on peut dire que la science se trouve actuellement dans un état de transition. L'immense accumulation des faits réunis dans les vingt ou trente dernières années ne s'est point bornée à reculer les bornes de la chimie, mais elle a montré l'insuffisance des principes dans lesquels les chimistes avaient une confiance illimitée. Il s'est produit des changements équivalant presque à une révolution, et qui ont eu pour effet de détruire les vues de presque tous les chimistes, sans rien mettre de définitif à leur place. La théorie atomique qui, au commencement de ce siècle, expliquait avec clarté et précision toutes les parties de la science connue, n'est plus suffisante, au moins dans la forme que Dalton lui donnait. Elle a admirablement rempli son but quand la science des chimistes se bornait à l'étude d'un petit nombre de composés, parmi lesquels les dérivés de l'oxygène étaient prépondérants. La chimie de cette époque aurait pu s'appeler la chimie de l'oxygène; mais maintenant, si nous voulons donner un nom à la nôtre, nous l'appellerions la chimie du carbone.

» Les choses ont bien changé depuis lors, et l'on a vu surgir des difficultés auxquelles Dalton ne pouvait évidemment songer. Cependant, à une époque déjà reculée, on émit des doutes sur la puissance de la théorie atomique pour rendre compte des phénomènes déjà connus. Ampère, en particulier, suggéra l'idée que les atomes doivent être considérés comme des assemblages de particules plus petites, et que ces particules plus petites sont en réalité les seuls éléments éternels. Mais ces additions et d'autres analogues, faites à la conception primitive de l'atome chimique, sont d'un caractère purement spéculatif. Elles n'avaient alors aucune importance pratique, et on les considérait, non sans raison, comme des complications inutiles de la théorie. On laissa au temps le soin d'expliquer les faits pour lesquels la théorie de Dalton n'avait trouvé aucune explication, et l'on commença par les négliger. — Mais comme le nombre de ces phénomènes réfractaires aux idées reçues augmentait, on esquiva la nécessité d'en donner une théorie par l'invention de noms destinés à grouper ensemble les faits provenant de causes analogues. De tels noms, *catalytie*, *allotropie* et autres, qui ont été introduits dans la science, n'expliquent rien. Ce sont, pour ainsi dire, des greniers scientifiques dans lesquels on emmagasine les faits non expliqués, jusqu'à ce que nous trouvions bon pour nos intérêts ou pour notre satisfaction intellectuelle d'en essayer une classification ou d'en présenter une théorie. Je suis loin de dire que le plan d'inventer un nom pour grouper des faits que l'on suppose avoir quelque chose de commun n'a point ses avantages; mais, pour qu'il n'y ait point danger à le faire, il faut que l'on comprenne bien qu'en agissant ainsi, on ne fait point de vraie science, on se forme à mettre de l'ordre dans son ignorance. Le danger est d'accepter les noms comme une explication et de retarder le moment où commence une enquête sérieuse. C'est en partie ce qui est arrivé. Quoique ces faits fussent considérés généralement comme susceptibles d'être expliqués à l'aide de la théorie des atomes, on les mit tranquillement en réserve, et ce n'est qu'après l'introduction de la théorie de l'*atomicité*, qui prétend expliquer tous les faits de la science, que les doutes qui s'étaient fait jour dans l'esprit des chimistes ont trouvé leur expression décidée. Je ne puis, dans cette occasion, me proposer de discuter en détail les effets que l'introduction de cette manière de voir peut avoir eus sur le monde chimique. Je me bornerai à remarquer qu'elle rend nécessaire d'abandonner la théorie atomique de Dalton, ou d'y introduire des modifications qui altèrent radicalement son caractère, et qui en font, pour ainsi dire, une nouvelle théorie.

» Beaucoup de chimistes auront une énorme répugnance à adopter ce premier parti. Ils ne se sépareront point volontairement d'une théorie qui leur a rendu d'énormes services, et

qui a établi de l'ordre et de la régularité là où régnaient une confusion et un désordre suprêmes. Ils ne renonceront point volontairement à cette brillante hypothèse, sous l'influence de laquelle la science a conquis les proportions divines qu'elle possède actuellement. D'autres, au contraire, peuvent être d'avis que la théorie atomique a fait son temps, qu'elle sera plutôt un obstacle au progrès qu'un secours pour les travailleurs, parce qu'elle nous oblige à envisager tous les phénomènes sous un point de vue particulier, et parce qu'elle nous oblige à perdre de vue tous les phénomènes que nous aurions aperçus si nous n'avions point eu les yeux trop fixement tournés du même côté. Cette manière de voir a été très vivement défendue par Benjamin Brodie, et dans les calculs des opérations chimiques qu'il a récemment présentés au monde savant, nous devons voir la première tentative pour exprimer la constitution des composés chimiques à l'aide d'une méthode dans laquelle il n'y a pas de place pour l'idée d'un atome. »

Comme cette théorie chimique est la plus importante qui ait été mise en avant depuis plusieurs années, et comme elle doit, si elle est acceptée, changer matériellement notre manière de voir, M. Anderson l'examine avec quelques détails, tout en faisant remarquer que la première partie seule a été publiée, et que, par conséquent, l'opinion qu'il peut concevoir doit être considérée comme susceptible d'être modifiée par la publication qui reste à faire. Le professeur Anderson explique que M. Benjamin Brodie remplace l'atome par la quantité de la substance qui, réduite à l'état de vapeur, remplit l'unité de volume à la température et à la pression normales.

« Cette manière de voir me paraît bien supérieure à celle qui suppose l'existence de corpuscules se dérobant forcément par leur petitesse à l'expérimentation, et qui entraîne à faire tant d'hypothèses accessoires. Du reste, la théorie de M. Benjamin Brodie ne détruit point l'idée d'atomes, mais elle est d'accord avec notre tendance actuelle, qui nous pousse à considérer la matière dans ses rapports avec l'espace. Déjà, dit-il, se professe l'opinion bien arrêtée que la théorie de Dalton doit être tôt ou tard abandonnée. Ce n'est point parce que je me refuse à croire à l'unité de matière; mais ce qui est une autre affaire, c'est de croire que cet atome insaisissable sur lequel repose notre science moléculaire est une particule sphérique solide, un centre de force, ou un tourbillon produit dans l'éther. Il est vrai qu'une hypothèse définie sur la nature des molécules est indispensable pour l'explication des phénomènes physiques. Il est presque impossible de ne point admettre qu'une certaine connexion doit exister entre l'unité physique et l'unité chimique. Je reconnais volontiers qu'une hypothèse purement chimique comme celle de M. Benjamin Brodie peut ne point être suffisante. Mais c'est seulement à l'aide des assertions les plus gênantes et les moins probables que la théorie atomique actuelle peut exister concurremment avec les faits que la chimie a reconnus et découverts; quant à la théorie de l'atomicité, elle ne peut, pour ainsi dire, y être rattachée d'aucune manière. Tout le monde avouera que cette théorie n'est qu'une hypothèse provisoire destinée à attirer nos yeux sur la tendance que différentes substances ont à former des composés de formes définies dans certaines circonstances. Il est à peine permis de douter que dans vingt trente ans d'ici, elle aura passé pour faire place à un corps [doct]rine d'un caractère plus satisfaisant. En même temps, son influence sur les progrès récents de la chimie est trop importante pour que nous ne soyons point obligés d'en faire mention. Mais il est à regretter que les divers auteurs aient introduit tant de complications dans les manières différentes de considérer l'atomicité des éléments. J'aurais été heureux d'entrer, à ce sujet, dans quelques détails, mais je crains d'avoir détourné trop longtemps votre attention des affaires de la section, et je n'ai aucun doute que de nombreuses occasions se présenteront d'échanger nos opinions à ce sujet. Je vous signalerai, parmi les autres questions également urgentes, le mode d'exprimer les symboles des composés chimiques, contre lequel sir John Herschel a élevé des objections depuis longtemps, et dont les défauts ont été mis en évidence plus récemment par la publication du mémoire de M. Brodie. L'état d'incertitude de la nomenclature chimique actuellement en usage, et qui offre tant d'inconvénients pour l'instruction, doit être également discuté. Il serait peut-être même bon de discuter l'opportunité de nommer un comité pour arriver à un système uniforme. »

Fabrication industrielle du chlore. — M. Walter Meldon indique un procédé pour produire constamment du chlore avec une même quantité de bioxyde de manganèse. Il consiste à ajouter de la chaux aux eaux mères qui restent dans la cornue, et à insuffler de l'air atmosphérique dans le mélange de chlorure de manganèse et de chlorure de calcium qui s'y trouve. On voit l'oxyde de manganèse se former rapidement et se déposer de lui-même dans le fond du vase. Il en résulte qu'il suffit de décanter la majeure partie de la liqueur et d'ajouter une nouvelle quantité d'acide chlorhydrique, pour produire le dégagement d'une nouvelle quantité de chlore. Pour que cette merveilleuse rotation se produise avec la plus grande facilité possible, il faut partir d'oxyde artificiel de manganèse et non d'oxyde naturel, sur lequel les acides sont souvent très-lents à agir. Avec cette précaution, on dégage un tiers du chlore que contient l'acide chlorhydrique versé dans la cornue; c'est une proportion que tout le monde reconnaîtra comme étant considérable.

Indicateur de l'arrivée du grisou, par M. Ansell. — Une discussion a lieu à propos de cet appareil, dans lequel l'auteur a essayé de tirer parti de la loi de diffusion découverte par Graham, et que les accidents si fréquents dans les houillères rendent intéressant. Le professeur Anderson et M. Bell (de Newcastle) craignent que cet appareil fort simple et fort efficace ne puisse être placé sans danger dans la main des ouvriers. Cette crainte n'a-t-elle point été exagérée? C'est ce qu'il est permis de se demander et ce qui paraît résulter des explications fournies par M. Ansell.

CONFÉRENCE ANTHROPOLOGIQUE.

Pour comprendre ce qui s'est passé dans le sein de l'Association Britannique, nous devons parler d'un incident qui a donné naissance à la création temporaire d'une conférence anthropologique sous la présidence du docteur Hunt, directeur de la *Revue d'anthropologie.* Jusqu'à ce jour, l'anthropologie faisait partie de la section de biologie, et l'ethnologie, réunie à la géographie, formait avec cette dernière une section distincte. Ce partage en deux fragments de la science de l'homme ne pouvait subsister plus longtemps à une époque où, d'après Ampère et Auguste Comte, tous les esprits éclairés reconnaissent l'importance des classements encyclopédiques

sur le progrès des sciences. Les préjugés protestants ou théologiques, plus forts en Écosse qu'en Angleterre, et plus forts en Angleterre qu'en France, avaient créé à Dundee une espèce d'émotion générale contre les anthropologistes. Ces derniers, menacés par l'intolérance, ont cru devoir faire une manifestation d'indépendance et créer une conférence séparée. La séance d'inauguration eut lieu le samedi 7 septembre, dans l'Union-Hall, à trois heures, sur la plate-forme. Autour de M. Hunt se trouvaient le professeur M. Donnald, Édouard Wood F. G. S., le docteur Grierson, M. Dawis B. A., M. Patrick Matthew. On verra cependant, par leurs discours, que les anthropologistes anglais ne se soucient point de rompre directement en visière avec la tradition mosaïque, et que même dans leurs manifestations les plus ardentes, ils sont loin d'être complètement émancipés comme le seraient de véritables libres penseurs. Quoi qu'il en soit, le président, M. Hunt, s'exprime en ces termes :

« Hier matin, un meeting préparatoire a été tenu pour examiner ce qui doit être fait pour notre science dans les circonstances où nous nous trouvons. D'un côté, nous avons contre nous les hommes les plus éminents de l'époque ; il y aurait à la fois folie et ingratitude de notre part à les offenser. De l'autre, on nous dit que l'hostilité de la population de Dundee contre les anthropologistes est trop grande pour que nous puissions sans danger dire notre opinion. Mais en présence des dangers que l'anthropologie peut courir, notre seule ressource a été de nous réunir. Nous ne demandons point qu'une section complète de l'Association Britannique soit réservée à l'anthropologie, mais nous voulons que les éléments de la science de l'homme soient réunis, et que ceux qui s'en occupent ne soient point obligés de suivre les séances de plusieurs sessions distinctes. L'astronomie étudie les lois qui régissent les mouvements du ciel ; le géologue étudie les lois de la formation de l'enveloppe de la terre ; le botaniste étudie les lois de la formation et du développement des plantes ; le zoologiste étudie les lois de la formation et du développement des animaux ; l'anthropologiste étudie les lois de la formation et du développement de l'homme. Chacun de ces savants a soin de suivre une méthode identique. Le géologue découvre les lois du passé par une étude des lois du présent ; les botanistes, les géologues et les anthropologistes font la même chose. L'anthropologie a donc pour domaine l'histoire contemporaine et l'histoire du passé de l'homme. A une époque encore récente, on s'imaginait que les géologues n'avaient point le droit de s'occuper de l'histoire de la terre, et même maintenant il y a, je pense, des personnes qui croient qu'il n'est pas bon d'étudier logiquement ou scientifiquement l'histoire des plantes, des animaux et surtout de l'homme. Cependant ces ennemis laissent les botanistes et les géologues poursuivre fort tranquillement leurs investigations ! Feu le docteur Pritchard, jusqu'à l'année de sa mort, insistait pour faire reconnaître l'existence d'une science de l'homme par l'Association Britannique ; il parvint à obtenir une sous-section dans le département de la zoologie. Le nom de cette subdivision a été conservé ; mais l'Association Britannique pense que l'homme ne doit être étudié que comme le serait un animal, et que par conséquent son étude appartient à la section de la zoologie. Cette prétention est absurde. Il faut que l'anthropologie et l'ethnologie soient réunies l'une avec l'autre. Leur devoir est de fonder la science de l'homme sur l'anatomie comparée, la physiologie comparée, et de se débarrasser de toute espèce de notion métaphysique. Les anthropologistes n'ont aucune théorie particulière à soutenir, ils demandent la liberté. » L'orateur proteste contre l'accusation d'être un adhérent des doctrines de Darwin, et surtout de Huxley, tout en rendant hommage au talent de ces deux physiologistes ; il déclare que dans la *Revue d'anthropologie* qu'il dirige, il est toujours prêt à accueillir les objections contre l'*unité de l'espèce* ou l'*origine simiaque de l'homme*.

— M. John Plaut a proposé un vote de remerciment au docteur Hunt, et fait allusion aux attaques qui ont eu lieu l'an dernier, dans les journaux de Dundee, contre l'anthropologie, aussitôt que le choix de cette ville fut décidé comme lieu des séances de l'Association Britannique ; mais il ne peut croire que tant d'esprits étroits existent dans une ville aussi importante. Il pense que beaucoup de préjugés hostiles aux anthropologistes ont été importés du sud, et n'étaient point originaires des bords de la Tay.

— Le docteur Grierson appuie le précédent orateur en émettant l'espérance que l'anthropologie et le christianisme marcheront la main dans la main. Il ajoute que si un mot est prononcé contre la théologie, dix mille langues écossaises sont prêtes à prendre sa défense.

— Le docteur Page, qui prend la parole le dernier avant le vote définitif, s'exprime à peu près dans le même sens, et, après beaucoup de circonlocutions, insiste sur la nécessité de mettre d'accord la foi et la raison, la science et la révélation. Il ne veut ni être infidèle à la philosophie, ni outrager la religion.

L'ouverture des séances du congrès d'anthropologie avait été fixée au lundi 9 septembre, dans Union-Hall. On avait accordé l'entrée libre à tous les membres de l'Association Britannique, et décidé qu'on entendrait de nouveau deux mémoires déjà communiqués à la section de biologie. Mais les journaux du lundi matin apprirent aux membres de la conférence que leurs représentations avaient été écoutées, et que l'anthropologie, l'ethnologie et la géographie avaient été réunies dans la même section par le bureau de l'Association Britannique. La conférence anthropologique, qui n'avait plus de raison d'être, fut dissoute *ipso facto*.

SECTION DE BIOLOGIE ET DE ZOOLOGIE.

Le docteur Sharpey ouvre les affaires générales de la section par un rapport dans lequel il essaye de définir la biologie. C'est, d'après lui, la science de l'économie vivante dans l'organisation des fonctions, le mode d'existence des êtres organisés, qu'ils appartiennent au règne végétal ou au règne animal. Il pense que la biologie comprend l'étude de leurs caractères distinctifs, leurs affinités mutuelles, leurs classifications systématiques et leur distribution à la surface du globe. L'orateur fait remarquer avec raison que de grands progrès ont lieu tous les jours, grâce à l'usage du microscope, qui, jusqu'à ces derniers temps, était encore le monopole d'un petit nombre d'observateurs, quoiqu'il soit inventé depuis près de deux siècles. « Mais maintenant, ajoute-t-il, on peut dire sans exagération qu'il se trouve entre les mains de tous les observateurs. On fait chaque jour de nouveaux progrès dans le pouvoir, la facilité, la précision et l'emploi convenable de cet instrument, et l'on a découvert des réactifs convenables pour faciliter les investigations microscopiques. Nous n'avons pas besoin, dit-il, avec un orgueil presque légitime, de chercher des exemples en dehors des

trois royaumes. Plusieurs des résultats importants des recherches microscopiques sont dus au zèle et à la sagacité de nos compatriotes. Je n'ai qu'à faire mention des découvertes contenant la structure intime de la fibre nerveuse, et les recherches bien connues que M. Lockhart Clarke continue avec un succès croissant sur les centres nerveux, les découvertes du professeur Beale sur la structure des ganglions et des fibres nerveuses, leur distribution dans les tissus et dans les organes, et les observations intéressantes de M. Hulke sur la rétine. En se servant d'un pouvoir grossissant très-fort, le docteur Beale a découvert des fibrilles d'une délicatesse inouïe dans les branches périphériques des nerfs, et a suivi leur distribution dans les différents tissus. Ces recherches ont été suivies par les histologistes allemands, et maintenant on sait que les fibrilles nerveuses pénètrent jusque dans les particules de l'épithélium. Quelles que soient les conséquences que l'on doive tirer de ce fait, il est satisfaisant de savoir que l'influence des nerfs gouverne d'une manière plus directe qu'on ne le pensait jusqu'ici la circulation, la nutrition, la sécrétion et les autres fonctions nutritives, car notre connaissance du domaine nerveux se trouve agrandie de la sorte d'une façon corrélative. Je ne peux choisir un meilleur exemple de cette extension progressive, que la découverte récente de la terminaison des nerfs dans l'épithélium des glandes. Je ne peux non plus passer sous silence les investigations continuelles sur l'action de l'électricité dans les nerfs et dans les muscles, de nouvelles déterminations par de nouveaux procédés de la rapidité de l'excitation nerveuse, et de nouvelles observations avec l'ophthalmomètre, l'ophthalmoscope, le laryngoscope, le cardiographe. Je me contenterai d'indiquer d'une façon spéciale les recherches faites dans ce pays pour examiner les phénomènes du pouls dans l'état de santé et dans l'état de maladie avec le sphygmographe, et les recherches expérimentales faites par le docteur Sanderson sur l'influence du mouvement de la cage thoracique dans la circulation du sang. Ces recherches ont été exécutées à l'aide de l'hémodynamomètre et d'autres instruments de son invention. Les résultats de ces études, résumés dans la *Croonian Lecture* prononcées devant la Société royale en 1866, vont prochainement paraître dans les *Transactions philosophiques*. Il y a peu de temps que le professeur Stokes a contribué de la façon la plus heureuse à l'étude physiologique de la respiration par son analyse, réalisée à l'aide de la chimie et du spectroscope, du phénomène de la coloration et de la décoloration du sang. L'analyse spectrale promet d'être d'un grand secours dans les recherches physiologiques. Le docteur Bence Jones et M. Dupré ont déjà exécuté avec son aide des expériences aussi remarquables qu'étendues sur l'absorption et l'élimination des matières étrangères par les tissus vivants. La substance employée fut un sel de lithine. On a suivi sa trace dans le tissu non vasculaire aussi bien que dans le tissu vasculaire; on l'a vu entrer aussi bien qu'on l'a vu sortir. Je ne pense pas, ajoute le docteur Sharpey, qu'il soit besoin de m'étendre longuement sur les résultats que l'on peut attendre de l'emploi continu des réactifs chimiques dans les recherches physiologiques. Je ne peux cependant m'empêcher de faire allusion à quelques travaux qui ont conduit à une modification importante des vues actuelles sur la génération de la force. Une expérience maintenant classique a permis à Fick et à Wislicenus de conclure des résultats d'une ascension au Faulhorn, que la force mécanique et la chaleur développées dans le travail musculaire ne peuvent provenir uniquement de l'oxydation de la substance des muscles. Le docteur Frankland a soumis les données et les conclusions de ces deux expérimentateurs à une critique chimique soigneuse. Il a déterminé par voie expérimentale la quantité de chaleur, et, par conséquent, la force mécanique produite par l'oxydation des substances albumineuses, et il est, comme on le sait, parvenu à des résultats parfaitement d'accord avec ceux que MM. Fick et Wislicenus ont constatés dans leurs ascensions alpestres (1). On peut donc légitimement conclure de ces belles recherches que si la substance des muscles est usée, ce n'est point comme le charbon qui brûle dans un foyer en ignition, mais comme la substance qui forme les parois ou la grille du foyer dans lequel a lieu la combustion. Plus récemment, le docteur Parkes a fait à Netley Hospital deux séries d'expériences très-exactes sur la masse totale de l'azote excrété par les voies urinaires ou les autres. Ces expériences, qui viennent d'être publiées dans deux numéros récents des *Proceedings* de la Société royale, conduisent aux mêmes conséquences générales que les précédentes ; mais le docteur Parkes a de plus découvert que l'azote est retenu pendant la période où le travail s'accomplit. Peut-être est-il assimilé par le muscle. Ce qui est certain, c'est qu'il est mis en liberté dans la période de repos. Sans prolonger trop longtemps ces remarques, ajoute le docteur Sharpey, nous parlerons encore d'une nouvelle méthode tout à fait curieuse, introduite par un expérimentateur étranger. Elle a été employée pour déterminer la constitution intime des canaux du rein et du foie, mais on pourrait la généraliser et l'employer à d'autres objets. Elle consiste à injecter dans une veine ou à introduire dans l'estomac une matière colorante que l'on peut retrouver quelque temps après dans les canaux occupés à son excrétion. »

Cet intéressant discours a été terminé par des considérations générales sur le nombre toujours croissant des observateurs, et sur la nature des services que l'Association Britannique est appelée à rendre. Après la lecture de cette remarquable adresse, la section se divise en deux sous-sections. M. Sharpey se réserve la présidence de la plus importante, celle de physiologie et d'anatomie.

SOUS-SECTION D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE.

Le docteur Hughes Bennet (d'Édimbourg) donne lecture d'un rapport d'une commission spéciale composée des professeurs Christison, Maclogen, Rogers, Rutherford, Gamjee et Frazer, pour déterminer l'influence des médicaments mercuriels sur les sécrétions du foie ; ce résultat doit être atteint au moyen d'expériences directes. Les commissaires ont commencé par prendre le poids de l'animal, puis ils ont pratiqué une fistule hépatique, analysé la nature des aliments ingérés, mesuré et analysé les sécrétions biliaires recueillies par le tube fistulaire. Quatre séries d'observations faites avec le plus grand soin ont constaté des différences énormes dans la nature et le poids des sécrétions, et ces différences, aussi bien avec que sans mercure, ne paraissent point explicables par la nature et le poids des aliments ingérés.

—M. Michel Forster présente à la section des préparations

(1) Voyez, dans notre tome IV, page 81 (5 janvier 1867), une conférence de M. Frankland sur ce sujet.

destinées à montrer comment les faisceaux les plus ténus du foie prennent racine dans l'épaisseur de cet organe. On pouvait voir, dit le rédacteur de la *Lancette*, qui a rendu compte de la séance, les fils bleus de l'injection traversant de part en part les différentes cellules. Il était facile de s'apercevoir que ce n'était point au hasard que ces filaments ont été distribués, mais qu'ils s'épanouissent dans un certain ordre déterminé dont la signification nous échappe, établi dans un but évident par les forces inconnues qui président au développement de l'être. Ces préparations sont dues aux professeurs Herreng, Kolliker et Eberle (d'Allemagne).

— *Le docteur Richardson (de Londres) a lu un mémoire sur la coagulation du sang*, dont il avait précédemment cru trouver la raison, et qu'il attribuait à un dégagement d'ammoniaque. Le docteur Richardson abandonne sa première théorie à la suite de quelques expériences qu'il dit avoir faites sur l'influence de la chaleur et du froid dans la coagulation de l'albumine et de la fibrine. Il pense définitivement que la coagulation du sang est due à une absorption de calorique par la matière qui le compose, et à un changement d'état moléculaire de l'eau constituante. Il donne à l'appui de sa seconde opinion plusieurs expériences faites avec des alcalis ou des sels solubles, qui, comme personne ne l'ignore, influent sur la rapidité de la coagulation du sang.

Action physiologique des composés de la série méthylique, par le docteur Richardson. — L'esprit de bois (alcool *méthylique*), le gaz des marais (hydrure de méthyle), les chlorure, iodure et bromure de méthyle, dérivés par substitution du gaz des marais, l'éther méthylique fourni par l'action de l'acide sulfurique sur l'esprit de bois, et quelques sels de la série *méthylique*, ont été étudiés.

Le docteur Richardson commence par rappeler la théorie en vertu de laquelle on enseigne que les alcools n'éprouvent aucune modification chimique dans l'intérieur de l'organisme, qu'ils sont expulsés des corps dans l'état où ils y sont entrés, et que le temps nécessaire pour leur expulsion, ainsi que la dépense de calorique nécessaire, dépend de leur point d'ébullition. Une conséquence immédiate de cette manière de voir, c'est d'admettre que les animaux ou les hommes empoisonnés par l'alcool reviennent d'autant plus rapidement à l'usage de leurs sens et de leurs membres, qu'on les place dans une enceinte dans laquelle règne une température plus élevée. L'alcool est loin d'être un stimulant; au contraire, il exerce l'effet d'un calmant. Cependant, comme il ne peut être expulsé que par l'intermédiaire des énergies intimes de l'organisme, il produit au premier moment l'effet d'un excitant. L'esprit de bois est beaucoup plus rapide dans ses effets que l'alcool ordinaire ; l'organisme s'en débarrasse plus facilement : aussi le docteur Richardson estime-t-il que l'on pourrait s'en servir avec avantage comme médicament. Il ajoute qu'il a un goût qui n'est point désagréable quand il est pur, et qu'il se mélange aussi bien avec de l'eau chaude qu'avec de l'eau froide. L'effet final de l'ingestion d'un alcool quelconque est de diminuer la quantité de chaleur disponible pour la digestion et la respiration, puisque l'organisme doit en outre fournir le calorique qui est nécessaire pour l'élimination de l'agent inerte dont il faut se débarrasser.

Le docteur Richardson range le gaz des marais parmi les anesthésiques, mais son action spécifique est trop faible pour que l'on puisse songer à l'employer ; il faudrait en respirer des quantités beaucoup trop grandes. Ajoutons que ce défaut n'est point sans compensation, car la quantité nécessaire pour donner la mort est très-considérable. Des pigeons ont pu vivre pendant une demi-heure dans une cage qui en contenait jusqu'à 35 pour 100 de son volume. La mort vient, avec ce gaz, comme un tranquille sommeil. Le contre-poison est du lait, des boissons chaudes et nutritives, de la chaleur. L'alcool ferait plus de mal que de bien pour les mineurs qu'on retire vivants des galeries. La théorie précédemment exposée ne laisse aucun doute à cet égard.

Les physiologistes qui ont étudié l'action du chloroforme croient que cet anesthésique agit par action directe sur le système nerveux. Le docteur Richardson repousse la théorie admise par beaucoup de physiologistes, qu'il paralyse le système nerveux. Le résultat de quatre-vingt-sept expériences dirigées avec l'idée d'élucider spécialement ce point particulier, l'a conduit à reconnaître que le cœur des animaux tués par l'inhalation du chloroforme est encore capable de réaction, tandis que les poumons sont toujours blancs, affaissés, et que le sang en a disparu. Le meilleur remède contre la mort par excès de chloroforme consiste à introduire dans les poumons de l'air chauffé à la température de 130 degrés Fahrenheit. Cette opération réussit très-bien avec un soufflet attaché à un petit tube de platine recourbé sur lui-même. En effet, ce petit tube peut immédiatement être porté à la température du rouge blanc, avec une lampe à alcool.

Le docteur Richardson a examiné le tétrachlorure de carbone qui tend à s'introduire comme anesthésique, et qui est en effet plus puissant que le chloroforme. Mais le maniement de cette substance est bien plus dangereux, parce que son point d'ébullition est plus élevé. Les propriétés sont du reste analogues ; l'anesthésie offre la succession des mêmes symptômes. Les conclusions du docteur Richardson sont les mêmes que celles du docteur Ledwig, qui l'a aidé dans ses nombreuses expériences. Le dernier composé analysé par le docteur Richardson offre un grand intérêt, parce qu'il promet, suivant l'auteur, de donner à la thérapeutique un nouvel anesthésique très-précieux. Ce liquide est tiré du chloroforme par l'action de l'hydrogène naissant. Il diffère de cette substance en ce qu'un atome de chlore a été, comme on le comprend, facilement remplacé par un atome d'hydrogène. Son point d'ébullition est seulement de 88 degrés Fahrenheit, et l'odeur de sa vapeur ressemble beaucoup à celle du chloroforme. Le docteur Richardson fait prendre du chloroforme à un pigeon, qui ne tarde point à s'endormir d'un sommeil tranquille. Sous l'action de cet agent, la respiration et la circulation cessent simultanément, et les muscles conservent pendant une heure leur irritabilité par le courant galvanique. Ce qui n'arrive point avec le tétrachlorure de carbone, qui tue plus rapidement et plus profondément, s'il est permis de s'exprimer ainsi. En effet, cinq minutes après la mort, les muscles deviennent insensibles aux excitants galvaniques. En outre, l'administration du tétrachlorure de carbone donne quelquefois lieu à des convulsions tétaniques. En résumant son long travail sur l'action des composés anesthésiques, le savant expérimentateur croit pouvoir affirmer que, suivant leur combinaison, ces substances produisent des effets définis sur les différentes parties du système nerveux. L'oxyde paralyse lentement les fonctions motrices sans détruire la sensibilité générale ; au contraire, les chlorures et les iodures atteignent à la fois la sensibilité et la mobilité.

— M. Nunnely (de Leeds) donne son assentiment aux remarques précédentes. Il croit aux inconvénients du chloroforme, du tétrachlorure de carbone. Il dit qu'il s'est servi avec avantage du gaz oléifiant, de son dérivé iodé et surtout bromé, ce dernier ayant une odeur douce et ne possédant aucune propriété irritante. Il a aussi employé avec grand succès le gaz d'éclairage commun, qui est un excellent anesthésique, lorsqu'il est entièrement débarrassé de tous les produits sulfurés qui le souillent presque toujours.

— Le docteur Granger Howard mentionne les propriétés du nitrate d'amyle, que le docteur Richardson a indiqué précédemment comme spécifique contre l'angine de poitrine.

— Le docteur Richardson reprend une nouvelle fois la parole. Il revient sur ce qu'il a dit contre le tétrachlorure de carbone. Il croit que le nitrate de méthyle est préférable au nitrate d'amyle qu'il a en effet indiqué, et qui paralyse la motilité ; mais le nitrate de méthyle a l'avantage de pouvoir être respiré à la dose de dix à vingt gouttes, tandis qu'on ne peut respirer que cinq gouttes du nitrate d'éthyle. En outre, le nitrate de méthyle est soluble dans l'éther, ce qui permet d'en atténuer les propriétés.

Propriétés antiseptiques des sulfites. — Le docteur Richardson donne lecture d'un mémoire du docteur Poli (de Milan) sur les propriétés antiseptiques des sulfites, qu'il a administrés à large dose, sans danger, à lui-même et à une multitude d'animaux. L'auteur trouve que les animaux qu'il a alimentés avec du sulfite sont beaucoup plus lents à se corrompre que d'autres, quand on les sacrifie. Il en recommande l'usage dans les cas où la décomposition du sang est imminente, comme dans les fièvres putrides.

Effets des rayons solaires sur les tissus animaux, par le docteur Q. Robinson. — L'auteur est parvenu à donner des coups de soleil sous l'eau à des animaux aquatiques. Il a produit la mort instantanée, en faisant tomber le faisceau concentré sur la tête d'un têtard ou d'un petit poisson. Il compare cette action à celle qui résulterait d'un choc électrique, et il essaye de prouver que cette action est plutôt physiologique que physique.

SECTION D'ETHNOLOGIE ET DE GÉOGRAPHIE.

La section d'ethnologie et de géographie ouvre ses séances sous la présidence de M. Samuel Baker, qui prononce un discours fort applaudi sur les travaux récents des géographes. M. Samuel Baker insiste avec un soin remarquable sur les détails du percement de l'isthme de Suez (1). Il déclare qu'il ne croit à aucune des prétendues impossibilités dont des savants étroits ou des géographes à courte vue ont fait parade pour décourager M. de Lesseps. Il rappelle que la Société géographique de Londres a décerné, cette année, ses deux médailles à deux voyageurs qui se sont distingués dans des explorations remarquables : la première à l'amiral russe Boutakoff, qui a lancé un bateau à vapeur sur la mer d'Azof, et est parvenu à remonter l'Iaxartes sur une étendue de plus de cent milles. La seconde a été accordée au docteur Hayes, qui est parvenu jusqu'à 81° 35′ dans sa recherche du bassin polaire. Le savant président croit que le docteur Livingstone n'est plus, et rend hommage à la mémoire de cet homme intrépide.

Cependant sir Roderick Murchison donne lecture d'un projet d'expédition pour retrouver les traces de ce grand explorateur. Il ne partage point l'opinion de sir Samuel Baker. L'expédition de secours est partie, le 15 juillet, du cap de Bonne-Espérance, pour Zanzibar.

Exploration de la Palestine. — Le capitaine Wilson donne lecture du rapport de la commission. Il expose ensuite des découvertes personnelles auxquelles nul n'aurait fait attention, si elles n'avaient eu lieu autour du temple de Jérusalem ! Cette dernière lecture est suivie d'une troisième communication faite par le lieutenant Anderson sur un sujet analogue. Deux séances plus tard, l'exploration de la Palestine fut encore le sujet d'un discours improvisé prononcé par M. L. C. Graham. Que de commissions scientifiques ne faudrait-il pas envoyer en Palestine, si l'on voulait mettre d'accord l'histoire biblique avec les découvertes scientifiques, au point de vue de la botanique et de la zoologie !

— M. Samuel Baker ayant été appelé à Londres, la fin de la session a été présidée par sir Roderick Murchison. Les débats prennent un nouvel intérêt par suite de la décision du conseil de l'Association Britannique, qui a joint, comme nous l'avons dit plus haut, l'anthropologie à la géographie, à l'ethnographie ; aussi est-ce aux séances de la section renforcée que se trouve la plus grande affluence. Qu'est-ce qu'il y a, en effet, de plus intéressant pour l'homme que l'homme lui-même ? Notre origine et notre destinée, n'est-ce point en quelque sorte l'alpha et l'oméga, non de notre science, mais de ce que nous cherchons à savoir ?

— La séance du 10 novembre s'ouvre avec une solennité plus qu'ordinaire, sous la présidence de sir Roderick Murchison. Ce vénérable président du *Geological Survey* d'Angleterre est accompagné, sur la plate-forme, par le duc de Buccleugh, l'amiral Belcher, l'amiral Ormancey, les demoiselles Olgivy, etc. Le savant auteur de *Siluria* annonce d'une voix émue que le congrès antéhistorique, réuni à Paris sous la présidence de M. Lartet, l'a choisi comme président d'un congrès international qui se tiendra en Angleterre dans le courant de l'année 1868. Il décline en termes sympathiques l'honneur de présider cette importante réunion, et semble indiquer que cette fonction revient plutôt à sir John Lubbock. Enfin il annonce que le comité d'organisation se compose de sir Charles Lyell, sir John Lubbock, de MM. Prestwich, Busk, Evans, Franks, Coster, Blake, etc., etc.

Déjà, dans la section renforcée de l'Association Britannique, les débats, dont nous ne donnons qu'un court extrait, ont été intéressants et animés. Que sera-ce l'an prochain, quand la science anglaise, si riche de faits et de détails, si pleine de ménagements, sauf de hardies exceptions, pour la théologie, se trouvera en présence des esprits plus absolus du continent, habitués aux solutions radicales.

— M. Wallace admet que les changements qui ont eu lieu dans la personne de l'homme, comme ceux qui ont été constatés dans la constitution des autres animaux, ont suivi parallèlement les modifications du milieu extérieur. Il s'appuie sur des exemples tirés de l'étude des animaux domestiques, et cités par M. Crawford, pour prouver que l'organisation de l'homme a éprouvé des modifications comparables à celles que nous pouvons constater tous les jours chez les élèves de nos nourrisseurs. Par conséquent, les variations constatées par les partisans de la pluralité des races sont un argument que pourraient invoquer les savants qui admettent l'unité primitive. Il n'éprouve aucune difficulté à admettre que, par une

(1) Voyez dans notre tome IV, page 232 (9 mars 1867), une conférence de M. Borel sur ce sujet.

suite de transformations successives, l'homme noir soit devenu un homme blanc ; il ne voit pas pourquoi, quoique partant d'une souche unique, des tribus sauvages ne seraient pas parvenues de proche en proche à peupler tout l'univers.

— M. Crawford répond qu'il ne croit pas un mot du système Darwin, dont on peut dire cependant que M. Crawford est un des inventeurs. Il ne connaît personne qui accepte que tous les êtres organisés proviennent de neuf ou dix monades, par la raison bien simple que personne n'est encore parvenu à dire ce qu'est une monade. M. Crawford se livre alors à une critique fantaisiste du système de Darwin, et il obtient un grand succès ; son auditoire se tord de rire. Imaginons-nous, dit-il, cette fameuse monade devenant quelque chose par un procédé de sélection ! Imaginez-vous, si vous le pouvez, cette fameuse monade choisissant ce qu'elle veut devenir. Supposez les ânes choisissant de devenir des chevaux, et les porcs faisant choix d'être des éléphants ! Comme il y a deux ou trois cents espèces de singes, on ne peut pas dire que leur *sélection* soit terminée même aujourd'hui.

Aborigènes supposés de l'Inde. — M. Crawford ne croit pas à la théorie qui fait venir la population de l'Inde de deux sources distinctes, de l'invasion des Aryens venant du nord, et de celle des Touraniens venant du sud. Il lit un mémoire très-détaillé sur les tribus sauvages qui occupent aujourd'hui encore les points inaccessibles de la Péninsule, donne une analyse de leurs langues et de leurs mœurs, pour prouver que, dans les temps anciens, toute l'Inde était peuplée de tribus indépendantes, comme l'était l'Amérique avant l'arrivée des Européens. Alors les tribus civilisées étaient en petit nombre et les tribus sauvages en immense majorité. La race hindoue est sans contredit douée de facultés supérieures à celle des Peaux-rouges ; aussi la civilisation surgit beaucoup plus rapidement au pied de l'Himalaya que sur les versants de la chaîne des Andes. Elle atteignit en outre un développement plus complet dans l'Inde qu'en Amérique. M. Crawford cherche à découvrir quels furent les centres, les foyers primitifs de cette antique civilisation. Il indique le Pundjab, les vallées supérieures du Gange et de la Jumna, le reste de la vallée du Gange et les vallées des fleuves de l'Inde méridionale, tels que la Nerbuddah, le Godavery, la Kistnah, le Cavery, etc. Ces différentes civilisations devaient être indépendantes les unes des autres, et pendant longtemps aussi inconnues les unes aux autres que les Péruviens l'étaient aux Mexicains. Tout cela a dû se passer longtemps avant l'invasion aryenne, et qu'il fût question d'une religion de Brahmah. A l'époque de l'arrivée des vrais civilisateurs, l'Inde était dans un état pareil à celui de l'Amérique lors de sa découverte. Proportionnellement à sa surface, le nombre des tribus sauvages n'était pas moins considérable ; car l'Inde compte encore une douzaine de nations ayant des langues écrites, et personne n'a encore essayé de faire l'inventaire des tribus sauvages habitant les lieux inaccessibles, où elles ont conservé toute leur barbarie primitive.

— Le général Cotton, si connu par ses grands travaux sur l'Inde, dont il s'est fait une seconde patrie, appuie les observations de M. Crawford. Il dit que les Européens fraîchement débarqués dans la Péninsule confondent des races qui, loin d'être identiques, se détestent et sont la terreur les unes des autres.

Les indigènes d'Australie. — M. Crawford donne lecture d'un mémoire *sur l'influence de la nourriture des indigènes de l'Australie sur leur développement social, et sur une comparaison entre les Australiens et les autres races humaines.* — M. Crawford fait remarquer que les indigènes de l'Australie étaient beaucoup mieux fournis en nourriture animale qu'en nourriture végétale. Il peut parler avec confiance sur ce détail, car il a pris soin de consulter l'autorité la plus considérable de l'époque sur ce sujet, le célèbre naturaliste M. John Gould. Aucune espèce d'animal ne rebute l'Australien, qui a toujours faim, et qui dévore indistinctement tous les mammifères, tous les oiseaux, tous les reptiles, tous les insectes et tous les poissons. Mais la meilleure partie de sa nourriture lui est fournie par la nombreuse famille des kanguroos, dans laquelle M. Gould distingue quarante espèces distinctes. Le poids de certaines de ces espèces ne va qu'à deux livres, tandis qu'il y en a qui atteignent jusqu'à 2 quintaux. Les Australiens mangent aussi les phalangistes et les grandes chauves-souris, quand ils peuvent les attraper. Ils sont très-friands de poissons, qu'ils prennent avec des hameçons ou avec des filets grossiers. Une baleine qui avait échoué fut entièrement dévorée. Ils recherchent avec ardeur le miel sauvage. Mais encore une fois, ce qui les caractérise, c'est la faculté de se nourrir de tous les êtres animés quelconques. Ils aiment beaucoup de grosses chenilles, dont M. Gould a goûté après les avoir fait rôtir sur un feu clair et qu'il a trouvées très-bonnes. Ils recherchent également les œufs de fourmis blanches. M. Gould, qui a également essayé d'en manger, a été malade à la suite de son expérience. A l'exception du chien et de quelques rats, tous les mammifères originaires de l'Australie appartiennent à la famille inférieure des marsupiaux, qui a besoin de deux gestations, l'une dans la matrice et l'autre dans la poche. Cette étrange région est, comme on l'a dit, remarquable, non par ce qu'elle possède, mais par ce qui lui manquait avant que les Européens l'aient apporté. L'Australie n'a ni céréales, ni racines féculentes, ni pommes de terre, ni, en un mot, aucune plante susceptible de culture. Le cocotier, le bananier, l'arbre à pain, si communs dans les régions tropicales, manquent aussi complétement que les animaux domestiques nécessaires pour fournir à l'homme leur chair ou leur travail, et sans lesquels la civilisation ne peut se développer. La race humaine qui habite cette terre partage l'infériorité physique et intellectuelle qui caractérise les mammifères qu'on y rencontre. Aucune race humaine, quelque richement douée qu'on la suppose de qualités personnelles, n'aurait pu atteindre un développement social avancé dans les conditions où les Australiens se sont trouvés. Il est permis de croire que la nature s'est plu à former les Australiens sur une échelle inférieure, pour répondre à la pauvreté de la terre qu'ils habitent, de la même manière qu'elle a formé les Esquimaux pour vivre au milieu de neiges perpétuelles et de glaces qu'aucun autre peuple ne pourrait supporter. Cependant, sur ce sol qui semblait devoir indéfiniment servir de demeure à des sauvages incurables, on voit vivre maintenant et fleurir des colonies peuplées par des hommes d'une autre race, à qui trois générations ont suffi pour jeter les bases d'un puissant empire civilisé.

— Le président, en proposant un vote de remercîment pour M. Crawford, appelle l'attention de l'assemblée sur un fait grave, la disparition des races indigènes dans tous les pays colonisés par les Anglais.

— M. Ker Porter, qui a habité l'Australie, donne quelques détails sur les mœurs des indigènes. Il les a observés à la station de M. Walker, à une distance considérable de Sydney,

bien au delà des montagnes Bleues. Ces sauvages ont l'habitude de visiter la station de M. Walker, qui leur donne du thé, du sucre et d'autres objets. Une fois, ils avaient apporté un kanguroo qui pesait dix à quinze livres, et qu'ils ont fait rôtir devant lui sans le vider et sans même le dépouiller. Il n'y a aucun doute que, dans un siècle, il faudra aller dans le désert pour trouver un Australien. Déjà on n'en trouve plus un seul, à moins de s'éloigner à cinquante ou soixante milles de Melbourne ou de Sydney. Il ne connaît pas un seul métis d'Australien et d'Anglais. — A ceci, M. Crawford, qui affirme que toutes les variétés de l'espèce humaine sont fécondes dans leurs unions, répond que généralement on met à mort toutes les femmes australiennes que l'on trouve avec un Anglais.

Le savant anthropologiste aurait dû dire sur quelle autorité il se fondait pour énoncer un fait aussi monstrueux. Sont-ce les Australiens qui assassinent leurs femmes infidèles? Les Anglais restent-ils tranquilles spectateurs d'une coutume aussi barbare ?

Les centres de création. — M. Vivian fait une profession de foi en faveur du système d'Agassiz et de Forbes, qui consiste à admettre une série de centres de création. L'orateur cherche dans cette théorie un moyen extrême de sauver l'intégrité des Écritures. En effet, il prétend que la création mosaïque ne parle que de la dernière manifestation de la création, quand elle raconte la formation d'Adam. L'Éden a été particulier à une race d'hommes dont la Bible raconte l'histoire, et qui sont les seuls fils d'Adam. Il y a eu un Adam peut-être aussi pour les Chinois, un autre pour les Américains. Puisqu'on admet un Adam, pourquoi n'en point admettre tout de suite une douzaine. M. Vivian n'a pas de peine, en effet, à prouver que la période de 4004 ans n'est pas suffisante pour expliquer la présence des objets que l'on trouve dans les cavernes du Devonshire. Mais est-il aussi heureux quand il engage les partisans de la Genèse à essayer une nouvelle interprétation de leurs livres sacrés, et à laisser toutes les races, autres que la race juive, en dehors de la dernière création de Jehovah !

— Madame Lynn Linton a fait une communication pleine d'intérêt sur l'ethnographie à l'Exposition universelle de Paris. On sait en effet que cette partie de l'exposition était très-soignée. Cette dame insiste beaucoup, et avec raison, sur l'extrême différence qu'il est facile de constater entre les nations de l'Europe occidentale et les peuples de l'Orient.

Les dames qui suivent en si grand nombre les séances de l'Association Britannique ne prennent pas souvent la parole. Cependant les orateurs féminins deviennent de moins en moins rares, de moins en moins timides. Nous espérons que l'exemple si gracieusement donné par madame Lynn Linton aura de nombreuses imitatrices l'an prochain, surtout dans l'étude de la nature, pour laquelle beaucoup de dames et de demoiselles anglaises ont une véritable passion (1).

W. DE FONVIELLE.

(1) Le défaut de place nous oblige à renvoyer à un prochain numéro la publication d'une lecture fort intéressante de sir John Lubbock sur l'*état de l'humanité primitive*.

Éruption du Vésuve commencée le 13 novembre 1867.

(Lettre à M. le directeur de la *Revue des cours scientifiques*).

Après l'éruption de 1861, il était resté, sur le cône du Vésuve, un large et profond cratère, dans lequel, depuis deux ans, les fumerolles avaient disparu, et qui ne donnait plus de signes de chaleur. Le 10 février 1864, on aperçut, au fond de ce cratère, une ouverture d'où s'élançaient à une grande hauteur des blocs de lave, accompagnés de vapeurs et d'horibles détonations. Le cône était recouvert de neige, et ces scories projetées par la nouvelle bouche s'enfonçaient dans la neige et coulaient sur la pente de manière à empêcher toute ascension au sommet du cône.

Après quelques jours, les scories, lancées presque verticalement et à une hauteur moindre, retombaient toutes dans le grand cratère, des bords duquel on pouvait commodément observer l'éruption commencée, qui était presque centrale, la bouche correspondant avec l'axe du cône. De cette bouche sortaient de temps en temps des laves qui transformèrent le cratère en un lac de feu, et le comblèrent ainsi presque entièrement vers le mois d'octobre, époque à laquelle cette petite éruption parut arrêtée.

Mais, dans les premiers jours de novembre 1867, mon sismographe électro-magnétique, placé à l'Observatoire, commença à être inquiet, et les aiguilles de l'appareil de variation de Lamont s'agitèrent fortement. Le 10, vers une heure, on aperçut une certaine quantité de fumée et l'on ressentit quelques secousses de tremblement de terre. Enfin, le 12, on entendit un craquement, et le feu parut à la cime du Vésuve. Le 13, au matin, je montai sur le cône, et je vis que la force du feu avait soulevé de grandes masses de laves dont les couches remplissaient le précédent cratère, dont les grands prismes verticaux, dignes de l'attention du géologue, étaient sans doute précieux pour les partisans des cratères de soulèvement. Sur cette masse compacte, soulevée avec violence, tombaient en grande abondance des fragments de lave incandescente et visqueuse, avec de fréquents mugissements, et en peu de jours il s'éleva un cône adventif d'environ 100 mètres de hauteur, au-dessus du niveau de l'ancien cratère. De la base de ce cône sortaient en même temps des laves que l'on vit bientôt descendre en ruisseaux de feu, qui, réunis au pied du cône du Vésuve, atteignirent les courants anciens déjà solidifiés des grandes éruptions, sur lesquels ils étaient contraints de se superposer, ou bien de prendre une autre direction.

Pendant quelques jours, avec les vapeurs et les blocs de lave, sortait un sable noir, moins fin que les cendres ordinaires.

Durant un jour, les laves cessèrent de couler, et toute la haute plaine du Vésuve parut couverte de sublimations de chlorures et de sulfates : les chlorures, de couleurs variées, formaient une zone plus voisine de la bouche, et les sulfates, parmi lesquels on distinguait le sulfate de chaux, formaient une zone blanche plus éloignée. Mais les pluies décolorèrent ces sublimations, et, après de plus violentes agitations du sol, on vit de nouvelles laves sur le cône.

Dans les premiers jours de l'éruption, quelques fumerolles plus éloignées de la bouche donnaient de l'acide carbonique.

Bien que nous soyons en hiver, j'ai trouvé dans quelques fumerolles le *Coccinella septempunctata*, le *Chrysomela Populi*, et d'autres de ces insectes qui ont coutume de vivre au Vésuve, et sur lesquels je ne cesse d'appeler l'attention des zoologistes.

Les vapeurs qui sortent des laves en mouvement n'ont pas d'odeur, et contiennent de la vapeur d'eau, des chlorures et des sulfates ; mais quand la lave s'est consolidée, il y a des fumerolles qui donnent de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfureux, etc.

L. PALMIERI,
Directeur de l'observatoire vésuvien.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 8 — 25 JANVIER 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. PAUL BERT (1).

La Respiration.

Mesdames, Messieurs,

L'atmosphère qui nous entoure, l'air que nous respirons est, vous le savez, composé de deux gaz. *Composé* est mal dit, car ces deux gaz sont indépendants l'un de l'autre, au point de vue chimique; ils se trouvent à l'état de simple mélange.

Ils sont libres, et cependant l'un d'eux est un infatigable ennemi de sa propre liberté. Sans cesse il va cherchant des chaînes, et, gardant ou non la forme gazeuse, il s'unit aux éléments chimiques au contact desquels il arrive; il se combine avec eux, il les brûle : car ce gaz, vous l'avez nommé, c'est l'*oxygène*, et ces unions, ce sont les *combustions*.

A côté de lui, j'ai à peine besoin de le dire, à côté de lui, environ dans la proportion de 4 pour 1, en poids ou en volume, se trouve l'*azote*, gaz indifférent, qui, par bonheur, ne s'unit pas volontiers à son actif voisin.

Les particules, les éléments auxquels celui-ci s'attaque appartiennent à tous les corps de l'univers : aux corps bruts comme aux corps doués de vie. Avec les éléments des corps bruts, il forme une grande quantité de composés solides, liquides, gazeux; nous ne devons pas nous en occuper ici.

Les corps vivants ne lui offrent qu'un petit nombre d'éléments chimiques auxquels il puisse s'unir; ils ne contiennent guère, vous le savez, que de l'oxygène semblable à lui, de l'hydrogène, du carbone, de l'azote, le tout dans des combinaisons fort complexes. L'oxygène intervient dans ces combinaisons, et le résultat de sa présence est la formation de matières solides, liquides, gazeuses. Ces dernières, les seules qui nous intéressent en ce moment, sont au nombre de deux : l'acide carbonique et la vapeur d'eau.

Ces deux substances gazeuses, rejetées ainsi par les êtres vivants se mélangent nécessairement à l'air; en d'autres termes, il y a un échange : les êtres vivants empruntent de l'oxygène à l'air et lui rendant à la place de l'acide carbonique et de l'eau. C'est là, vous le voyez, un pur et simple phénomène physico-chimique, une combustion. Cette combustion a lieu pour toutes les parties de tous les êtres vivants.

Voici une série d'éprouvettes à pied dans lesquelles on a placé, ici de la chair, du muscle coupé en morceaux, là du cerveau; dans cette troisième, de l'os. Ces substances reposent sur une grille, et au-dessous d'elles se trouve une solution concentrée de potasse. Un tube capillaire traverse le bouchon, se recourbe et plonge dans de l'encre. Au début de l'expérience, le niveau de cette liqueur était le même dans le tube et hors du tube; il s'est élevé maintenant. C'est que de l'oxygène a été consommé, de l'acide carbonique produit, et l'absorption de ce dernier par la potasse a déterminé l'ascension du liquide coloré. Les mêmes résultats seraient obtenus avec des parties quelconques d'un corps vivant.

Mais, me direz-vous, ces fragments sont morts; et qui me prouve qu'ils se conduisaient ainsi quand ils étaient encore doués de vie? L'objection est spécieuse, sans doute; mais elle repose sur une erreur trop accréditée.

La vie d'un animal n'est point une puissance à part, une entité mystérieuse logée en un point particulier de son organisme; elle est le résultat de l'action synergique de la vie de tous les organes, de tous les tissus qui constituent cet organisme. Quand cette vie générale a disparu, ces vies partielles existent encore. Un cœur arraché de la poitrine d'un animal continue à battre; un muscle, un nerf, séparés du corps, sont encore capables d'action pendant des minutes ou des heures, selon l'espèce de l'animal. Ce sont là des manifestations indiscutables de leur vie personnelle; mais enfin ces manifestations disparaissent : le cœur, le muscle, le nerf, sont-ils donc morts? Non, messieurs; restituez-leur des conditions favorables, la contractilité, la propriété nerveuse reparaîtront, ou, s'il est trop tard, des altérations morbides particulières montreront que la vie y réside encore : car pour être malade, il faut être vivant.

Cette vie élémentaire se conserve dans les parties séparées du corps pendant un temps qui varie avec maintes conditions. Chez les mammifères, on a pu voir qu'elle se manifeste encore après huit jours, quand la température est basse. Or, parmi ces conditions, la présence de l'oxygène se place au premier rang; la consommation d'oxygène est non-seulement une condition, mais une conséquence de l'activité vitale.

Une condition, ai-je dit. Supprimez, en effet, l'oxygène, et bientôt disparaîtront les propriétés caractéristiques du tissu vivant. Le temps pendant lequel un cœur continue à battre, ou des muscles à se contracter, est d'autant plus long, que le gaz où on les plonge contient plus d'oxygène; il est au minimum dans l'azote, au maximum dans l'oxygène pur.

La conséquence, ai-je dit encore. Deux des éprouvettes que vous avez sous les yeux contiennent, en même poids, des pattes de grenouille dépouillées de leur peau : dans celle-ci

(1) Voyez d'autres leçons de M. P. Bert dans notre tome IV, pages 13 et 22 (1er et 8 décembre 1866), page 513 (13 juillet 1867), et tome III, page 489 (23 juin 1866).

les contractions des muscles ont été fréquemment excitées par l'irritant électrique; dans la seconde, aucune excitation n'a été produite. Le même temps s'est écoulé. Vous voyez que l'encre s'est élevée dans le tube beaucoup plus haut pour la première que pour la seconde. Ainsi, la consommation d'oxygène mesure en quelque sorte l'intensité des phénomènes vitaux.

Et ce qui est vrai pour chacun des fragments de l'être vivant, pris à part, doit être et est vrai pour l'ensemble, pour l'être tout entier.

Employons toujours notre même mode de démonstration. Sous deux cloches tubulées disposées comme les éprouvettes précédentes, voici deux animaux, de poids sensiblement égaux : ici un moineau, là une grenouille. Ils y sont depuis le même temps. Or, vous voyez que, pour la grenouille, le liquide s'est à peine élevé, tandis qu'il est, pour l'oiseau, arrivé tout au haut du tube. Voici maintenant une cloche qui contient de l'azote et très-peu d'oxygène; nous y introduisons simultanément une grenouille et un oiseau : l'oiseau s'agite et va périr, si nous ne le retirons à la hâte, et la grenouille sera peut-être encore vivante à la fin de cette conférence.

Ainsi, je le répète, la consommation d'oxygène est la condition et la conséquence de l'activité vitale; elle peut en quelque façon lui servir de mesure.

Il est des êtres si petits, que l'air peut aisément pénétrer directement toute l'épaisseur de leur corps. L'absorption d'oxygène, l'exhalation d'acide carbonique et de vapeur d'eau, se font alors directement par toute la surface extérieure; ils se comportent comme ces morceaux de chair que nous avons placés dans notre éprouvette.

Mais lorsque l'animal atteint une taille plus considérable; lorsqu'à son intérieur apparaissent des organes éloignés de la surface et parfois protégés par d'imperméables clôtures, l'accès direct de l'oxygène, le départ direct des produits de la combustion, deviennent impossibles. En d'autres termes, l'accès du *milieu extérieur* est interdit aux organes profonds. Alors un intermédiaire apparaît, lequel, alternativement, se met au contact des parties cachées et au contact de l'atmosphère; il est organisé de telle sorte qu'il peut se charger simultanément de l'oxygène de l'air et de l'acide carbonique des tissus.

Cet intermédiaire, vous l'avez déjà nommé, c'est le *sang*. Le sang, qui vient constituer un nouveau milieu, un *milieu intérieur* (Cl. Bernard), pour ces organes privés du contact de l'air, du *milieu extérieur*.

Pour accomplir efficacement son œuvre, ce sang doit évidemment être animé d'un mouvement continuel, qui lui permette de se maintenir dans un état de composition toujours identique. Aussi nous le voyons circuler dans des conduits de formes diverses, poussé par des appareils contractiles dont le nombre et la situation varient d'un animal à l'autre, et auxquels on a donné le nom de *cœurs*.

Le sang, avons-nous dit, recueille dans les tissus l'acide carbonique produit, et, au contact de l'air, absorbe de l'oxygène. Or, ces deux gaz ne sont pas simplement dissous dans le sang, ils s'y trouvent à l'état de combinaison chimique, de telle façon que le sang peut en contenir beaucoup plus que ne l'indique la solubilité de ces gaz, et cela est fort heureux, car, vous le savez, l'oxygène n'est que très-peu soluble.

Quelles sont ces combinaisons?

C'est à un chimiste français, à Fernet, que nous devons de savoir comment est engagé l'acide carbonique : il nous a montré qu'il forme avec le carbonate de soude du sang des bicarbonates, et qu'il s'unit au phosphate de soude pour former un sel ($PhO^5, 2CO^2$) ($2NaO, HO$) que Preyer vient tout récemment de préparer en Allemagne.

J'insisterai un peu plus sur l'oxygène. Il se combine avec une substance fort curieuse, à laquelle on a donné le nom d'*hémato-cristalline*. Cette substance, qui n'est pas tout à fait identique chez tous les animaux, est dissoute dans le sang des animaux inférieurs, des mollusques, des crustacés. Mais chez les animaux vertébrés et chez l'homme, elle est exclusivement renfermée dans de petits corps, auxquels elle communique la couleur rouge qu'ils donnent eux-mêmes au sang (1).

Ces corps, de dimensions très-petites (chez l'homme environ $0^{mm},007$), existent en nombre immense dans le sang; les évaluations les plus modérées les portent à 60 billions : de sorte que si l'on supposait tous les globules sanguins d'un homme placés au bout les uns des autres, il y en aurait, d'après ces estimations, 420 kilomètres, presque la distance de Paris à Lyon. Au reste, leur grandeur, leur forme et leur structure varient avec chaque groupe zoologique; mais toujours ils sont, comme l'a vu Fernet, extrêmement avides d'oxygène.

Lorsqu'ils arrivent au contact de l'air, ils absorbent une grande partie de ce gaz, et, ainsi chargés, sont entraînés par le mouvement circulatoire dans les tissus, auxquels ils peuvent alors abandonner leur oxygène. Ils se comportent, en un mot, exactement comme ces animalcules formateurs du vinaigre, dont M. Pasteur a découvert et vous a raconté ici, la semaine dernière, la curieuse manière de vivre.

En absorbant de l'oxygène, ces petits corps, et par suite le sang dans lequel ils flottent, changent notablement de couleur. Ils étaient d'un rouge très-rabattu de noir, qui fait souvent donner au sang veineux le nom de sang noir; ils se relèvent dans la même gamme chromatique (Chevreul), et le sang artériel est alors dit sang rouge.

La combustion intime des organes des tissus est donc désormais assurée. L'oxygène, emporté par le sang, va les brûler dans les lieux les plus éloignés, absolument comme, chez les êtres microscopiques, il les brûle au simple contact de l'enveloppe extérieure du corps.

Dans ces profondeurs cachées, l'oxygène charrié par les globules sanguins est aussi la condition de l'activité vitale, absolument comme pour les muscles séparés du corps. Empêchez le sang artériel oxygéné d'arriver dans un membre, bientôt la paralysie l'envahira, et plus tard la gangrène, la mort. Mais, sans attendre si longtemps, laissez revenir le sang, les mouvements vont reparaître. Agissez de même pour la tête, et l'intelligence tour à tour se manifestera ou semblera disparaître, selon que vous laisserez ou non arriver au cerveau l'oxygène nécessaire.

Lorsqu'il a ainsi été l'occasion de la combustion, le sang en reçoit les produits, l'acide carbonique, entre autres, et la vapeur d'eau. Alors, et de toute nécessité, il rejette au dehors ces résidus gazeux aussitôt qu'il arrive au contact de l'air, aussitôt qu'il absorbe, par conséquent, de l'oxygène. Les lois de la physique et de la chimie l'y forcent, et nous retrouvons

(1) Voyez dans la *Revue*, sur les globules du sang, 9 février 1867, tome IV, page 167 (conférence de M. Moleschott), et tome II, page 18, 9 décembre 1865 (leçons de M. Claude Bernard).

ainsi dans les rapports du sang, en quelque sorte ministre des relations extérieures de l'organisme avec l'atmosphère, cet échange incessant de substances gazeuses dont l'une entre, c'est l'oxygène, dont l'autre sort, c'est l'acide carbonique; cet échange incessant, dis-je, que nous avons montré être la condition et la conséquence des manifestations vitales.

Cet acte d'échange, c'est la *respiration*.

Il importe, vous le voyez, de ne pas confondre la respiration avec la combustion intime de nos tissus, une des phases de la nutrition; la respiration est seulement l'une des conséquences nécessaires de cette nutrition. Elle en traduit, elle peut servir à en mesurer l'énergie; mais elle constitue un phénomène spécial, elle est un simple échange résultant du conflit de l'atmosphère avec le sang chargé de gaz.

II

Puisque la combustion existe dans toutes les parties de tous les êtres vivants, nous ne devons pas être étonnés de voir que tous les êtres ont besoin d'oxygène pour vivre. Insecte, poisson ou oiseau, aquatique ou aérien, gigantesque ou microscopique, adulte, jeune ou encore à l'état d'œuf ou de graine, animal ou plante, tout être périt si on le prive d'oxygène. La respiration est une nécessité de la vie; elle est universelle.

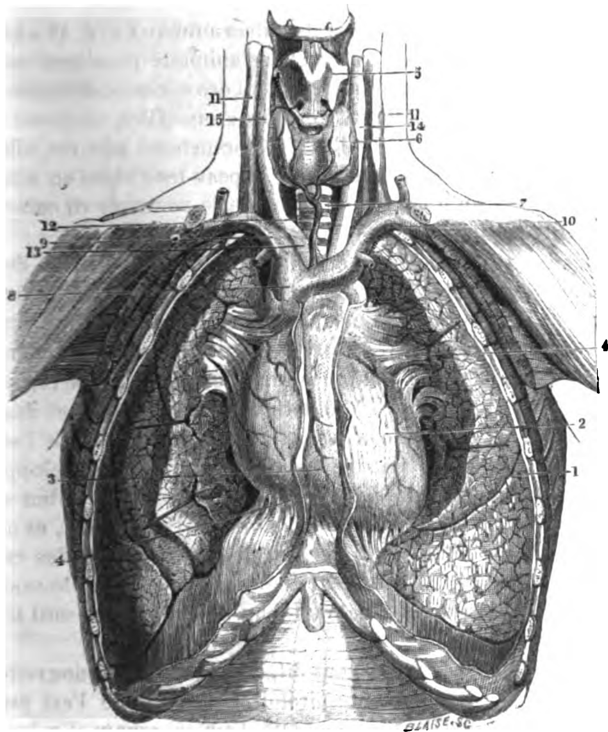


Fig. 34. — Les poumons et l'ensemble de la cavité thoracique. — 1. Poumon. — 2. Péricarde. — 3. Médiastin antérieur. — 4. Plèvre. — 5. Larynx. — 6. Corps thyroïde. — 7. Trachée. — 8. Veine cave supérieure. — 9. Tronc veineux céphalo-rachidien. — 10. Tronc veineux brachio-céphalique gauche. — 11, 11. Veine jugulaire interne. — 12. Veine thyroïde inférieure. — 13. Tronc artériel brachio-céphalique. — 14. Artère carotide primitive gauche. — 15. Artère carotide primitive droite.

Mais les conditions extrêmement variées que fournissent tout à la fois et l'organisation de l'être et le milieu dans lequel il vit, font que les instruments de cette grande fonction varient beaucoup d'un animal à l'autre.

Tantôt, en effet, l'organe de la respiration est un *poumon*, un organe creux dans l'intérieur duquel l'air pénètre, et dont les parois extrêmement minces sont parcourues de nombreux vaisseaux sanguins. Ces poumons sont d'une complexité très-variable, depuis ceux des grenouilles, simples sacs à bosselures latérales, jusqu'à ceux des oiseaux, des mammifères, de l'homme, constitués par des tubes creux, ramifiés à plusieurs reprises, et débouchant dans de très-petites vésicules accolées

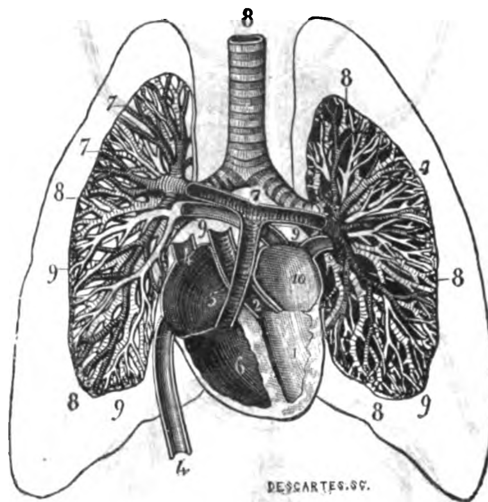


Fig. 35. — Ensemble des bronches et des poumons, montrant l'organisation générale de l'appareil respiratoire de l'homme et ses rapports avec le système circulatoire (A. Tripier). — 1. Ventricule gauche. — 2. Artère aorte portant aux tissus le sang qui doit les nourrir. — 4, 4. Veines caves supérieure et inférieure, ramenant le sang veineux de toutes les parties du corps à l'oreillette droite. — 5. Oreillette droite. — 6. Ventricule droit. — 7, 7, 7. Artère pulmonaire et ses divisions dans le poumon. — 8, 8, 8. Trachée-artère et divisions des bronches amenant l'air dans les cellules pulmonaires. — 9, 9, 9. Veines pulmonaires ramenant le sang dans l'oreillette gauche. — 10. Oreillette gauche. — Dans cette figure, les vaisseaux et les ramifications bronchiques se détachent, à droite sur un fond noir, et à gauche sur un fond blanc.

les unes aux autres, et dont chacune est analogue à un poumon de grenouille tout entier (fig. 34, 35, 36).

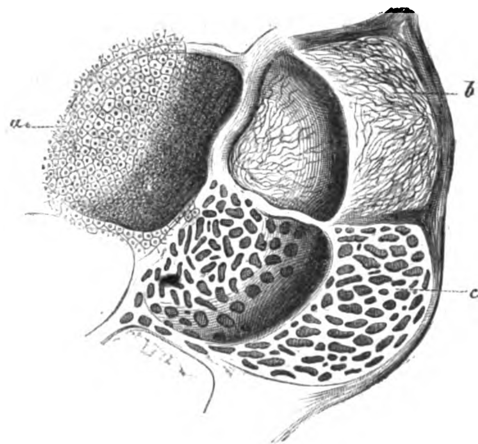


Fig. 36. — Partie terminale d'un infundibulum du poumon, très-grossie, avec trois vésicules pulmonaires vues de l'intérieur et représentées schématiquement. — *a*. Vésicule pulmonaire sur laquelle on voit l'épithélium. — *c*. Vésicule dont l'épithélium est ombré pour montrer la couche fondamentale conjonctive de la paroi vasculaire avec ses fibres élastiques. — *b*. Vésicule dépourvue aussi de son épithélium, et mettant en évidence le réseau des vaisseaux capillaires très-nombreux qui rampent dans la paroi.

Dans d'autres cas, l'air pénètre non-seulement dans un organe bien délimité, mais dans des canaux (trachées) dont

divisions extrêmement fines sillonnent le corps tout entier. C'est la respiration *trachéenne*, qui appartient particulièrement aux insectes (fig. 37, 38, 40 et 41).

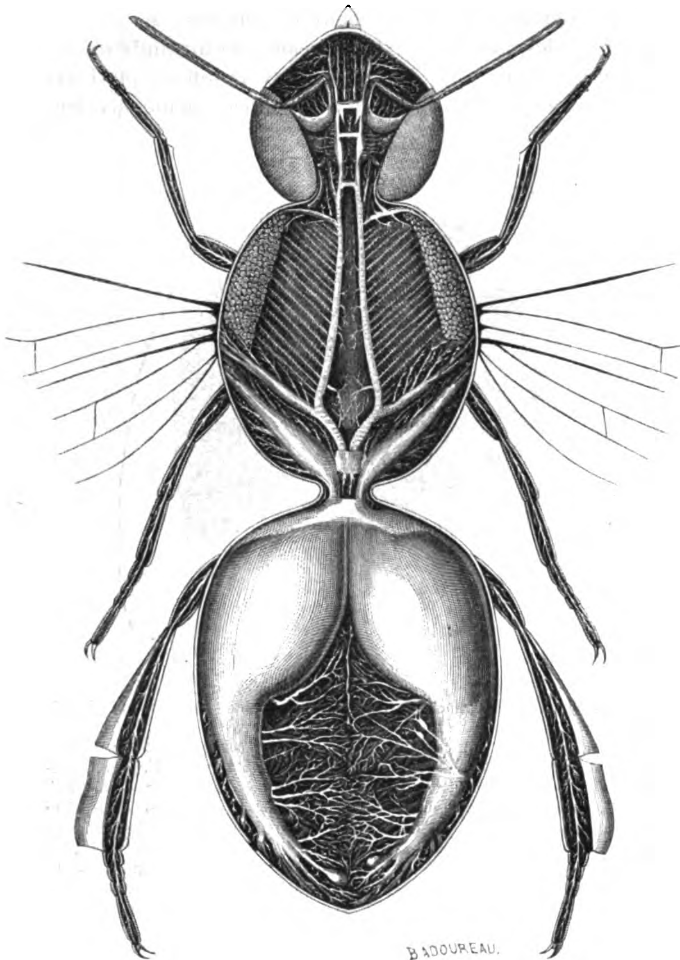


FIG. 37. — Respiration trachéenne. — Appareil respiratoire de l'Abeille, *Apis mellifica* (d'après M. E. Blanchard, *Métamorphoses des insectes*).

Enfin, un grand nombre d'animaux respirent par la peau tout entière, qui, fine et riche en vaisseaux sanguins, se trouve dans des conditions favorables pour permettre l'échange respiratoire. Mais ces animaux doivent être de petite taille et vivre dans des lieux humides.

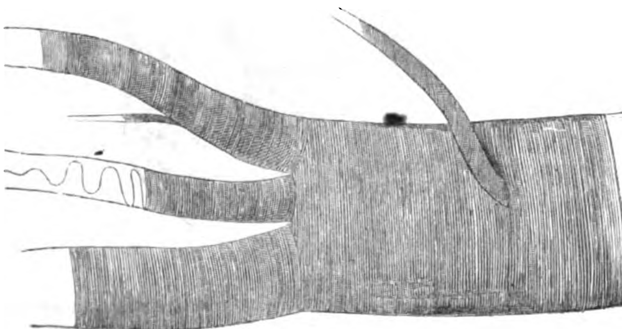


FIG. 38. — Portion de trachée, très-grossie, d'un insecte, le Dytique (d'après M. E. Blanchard, *Métamorphoses des insectes*.)

Respiration *pulmonaire*, respiration *trachéenne*, respiration *cutanée*, tels sont les trois modes correspondant à trois organes différents, suivant lesquels s'opèrent les échanges gazeux du sang avec l'atmosphère.

Dans les œufs exposés à l'air, comme ceux des oiseaux, des reptiles, le petit en voie de développement possède un organe respiratoire spécial qui s'applique contre la coquille; on le nomme *allantoïde*.

Mais ces modes ne sont pas les seuls : les animaux ne respirent pas tous l'air en nature ; certains d'entre eux respirent l'air dissous dans l'eau. Dans ce cas, la respiration se fait tantôt par la peau, tantôt par des saillies locales, de formes variées, auxquelles on donne le nom de *branchies* (fig. 39).

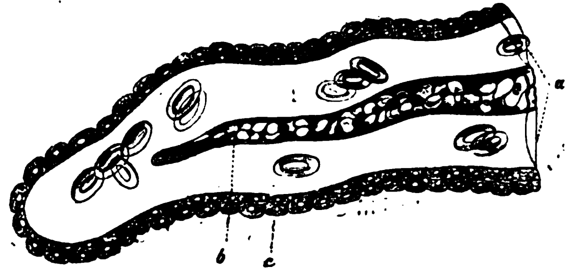


FIG. 39 — Extrémité d'un filament branchial d'un embryon de *Spinax*. — *a*. Bouche vasculaire sanguine, à travers laquelle on voit circuler les globules du sang. — *b*. Cordon axile. — *c*. Épithélium en contact avec le liquide dans lequel la branchie est plongée et où elle puise l'air qui s'y trouve dissous.

Ainsi font les poissons et maints autres animaux (fig. 40 à 43).

Il est curieux de voir que certains animaux possèdent successivement ou même simultanément des organes de respiration aérienne et aquatique. Ainsi les grenouilles respiraient, dans leur âge de têtard, à l'aide de branchies; adultes, elles ont des poumons; en tout temps, la peau leur vient en aide, de telle sorte qu'une grenouille privée de poumons vit encore pendant bien longtemps.

En résumé, l'enveloppe cutanée est toujours le lieu des échanges respiratoires, et il n'en peut être autrement. Tantôt ceux-ci s'opèrent par la surface tout entière de la peau; tantôt, au contraire, ils sont localisés en une région plus ou moins étendue. S'agit-il d'un animal aquatique, cette région présente des plis saillants qui flottent dans le liquide, et dans lesquels le sang vient, comme on l'a dit, au-devant de l'air dissous dans l'eau. S'agit-il d'un animal aérien, l'enveloppe se replie au dedans du corps, et constitue, soit des tubes se ramifiant dans toutes les profondeurs de l'organisme, et où l'air va au-devant du sang : ce sont les trachées; soit des cavités plus restreintes dans leur étendue, et où l'air et le sang vont, pour ainsi dire, au-devant l'un de l'autre : ce sont les poumons.

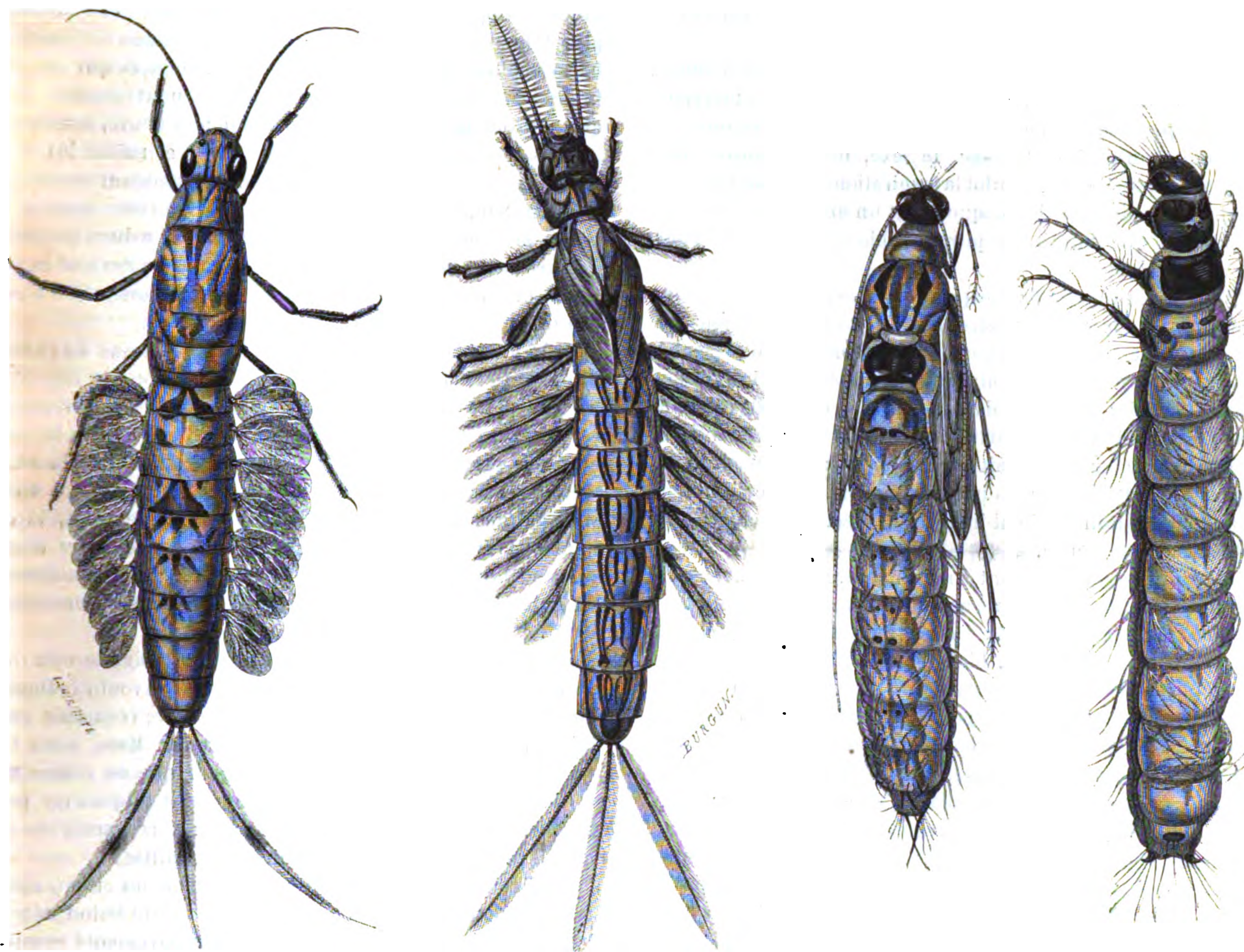
Il est nécessaire, avons-nous dit, que le sang se renouvelle sans cesse sur la surface respiratoire; mais il ne l'est pas moins, cela tombe sous le sens, que l'air se renouvelle lui-même.

Les mécanismes à l'aide desquels est opéré ce renouvellement varient beaucoup, en raison de l'infinie variété des organes respiratoires. Le plus souvent les branchies sont simplement agitées dans le liquide; mais, lorsqu'elles sont plus ou moins protégées par des opercules quelconques, l'animal dirige sur elles un courant de l'eau aérée dans laquelle il est plongé. Ainsi les poissons avalent de l'eau par la bouche et la chassent par l'ouverture de leurs ouïes; les écrevisses, les crabes, déterminent de même un courant d'eau à travers

leurs branchies à l'aide d'un mécanisme de vannes mobiles extrêmement curieux. En outre, les branchies sont très-fréquemment recouvertes de cils très-fins, toujours en mouvement, qui agitent et renouvellent la couche d'eau la plus voisine de l'organe.

Quant aux organes aériens, ils sont alternativement remplis d'air, puis vidés par un procédé dont un vulgaire soufflet à un seul orifice peut donner une grossière idée. Ils sont en effet toujours contenus dans une cage solide, des mouvements de laquelle ils sont solidaires. Cette cage se dilatant brale. En avant, ces côtes se rejoignent, par l'intermédiaire d'un os médian aplati, qui recouvre et enclôt la cavité thoracique, et a mérité ainsi le nom de *sternum*.

Il est évident que si certaines forces sont disposées de manière à tirer en haut l'extrémité inférieure de chacune de ces côtes, la cavité comprise entre elles se trouvera agrandie. Or, c'est ce qui arrive : sur les côtés du cou se trouvent des muscles qui, prenant leur point fixe en haut, soulèvent directement les deux côtes supérieures; le mouvement se communique et s'amplifie de proche en proche par l'action des



Cloe bioculata. *Ephemera vulgata.* *Phryganea flavicornis* (larve et nymphe).

Fig. 40, 41, 42 et 43. — Appareil respiratoire des larves et nymphes aquatiques d'insectes, Éphémères et Phryganes (d'après M. E. Blanchard, *Métamorphoses des insectes*). — Chez les Éphémères, ce sont des expansions cutanées en forme de lamelles disposées le long de l'abdomen, et dans lesquelles se ramifient des trachées qui conduisent l'air à l'intérieur du corps. — Chez les Phryganes, ce sont des filaments ou houppes branchiales disposées de la même manière.

par l'action de muscles particuliers, l'air pénètre dans la cavité; puis il en est chassé par l'action de muscles antagonistes des premiers. Ces deux temps de l'acte respiratoire ont reçu les noms d'*inspiration* et d'*expiration*. C'est de cette façon que s'opère la respiration de l'homme, et il me paraît nécessaire que nous nous appesantissions un peu sur ces faits.

La cavité dans laquelle sont contenus les deux poumons et, entre eux, le cœur, a reçu le nom de *thorax;* elle est constituée par une cage osseuse à claire-voie, dont chaque rayon mobile, ou côte, est obliquement dirigé en bas et en avant, à partir de son point d'insertion sur la colonne verté-

muscles situés entre chaque côte, et tout l'ensemble opère ainsi un mouvement d'ascension. En même temps que les côtes s'élèvent et projettent en avant leur extrémité inférieure, elles tournent sur elles-mêmes, et, grâce à leur courbure particulière, le sommet de leur convexité s'éloigne de l'axe du corps. Ainsi ce simple mouvement d'élévation agrandit la cavité de la poitrine dans deux directions, transversale et antéro-postérieure.

Mais ce n'est pas tout; cette cage, close sur les côtés, en avant et en arrière, reste ouverte en haut et en bas. L'ouverture supérieure est fort étroite; là passe la *trachée*, le tube

qui fait communiquer les poumons avec la cavité de la bouche, ou plutôt avec les fosses nasales; d'autres parties molles l'oblitèrent complétement. L'ouverture inférieure est beaucoup plus large. Or elle se trouve hermétiquement close par une membrane charnue, voûtée, à convexité supérieure, par un muscle, en un mot, qui a nom *diaphragme*. Ce muscle s'insère au bord inférieur des dernières côtes et jusqu'au sternum; en arrière et plus bas, il prend un point d'appui solide sur la colonne vertébrale par des faisceaux nommés *piliers*. Quand ces piliers se contractent, la convexité s'abaisse, sans cependant arriver jamais à un simple plan. Il est évident que le diamètre vertical de la poitrine se trouve augmenté d'autant.

Ainsi, quand tous ces muscles agissent, la poitrine se dilate dans tous les sens, et l'air, par la trachée béante, se précipite dans les poumons. Il n'est pas nécessaire que tous ces muscles agissent simultanément. L'âge, le sexe, maintes autres conditions font prédominer tantôt la respiration diaphragmatique, tantôt la respiration thoracique. C'est un grand art, chez les chanteurs, que d'utiliser le plus possible le diaphragme pour se fatiguer moins vite.

Telle est la théorie de l'inspiration; l'expiration est beaucoup plus facile à comprendre. Il suffit, en effet, que tous ces muscles en action se relâchent, et le poids des côtes soulevées suffit à ramener la poitrine à ses dimensions initiales et chasse l'air des poumons; dans ce dernier office, il est aidé par l'élasticité et la contractilité propre du tissu pulmonaire.

Un homme au repos fait en moyenne mille inspirations par heure; chacune de ces inspirations fait circuler dans les poumons environ un demi-litre d'air; c'est donc cinq cents litres pour une heure.

L'âge influe énormément sur le nombre des mouvements respiratoires: le nouveau-né en fait environ 44 par minute; l'enfant de cinq ans, 26; l'adulte, de 18 à 16 (Quételet). Chez le même individu, bien des conditions sont en jeu. L'exercice, par exemple, augmente, comme chacun sait, le nombre de ces mouvements; mais la quantité d'air en circulation est de même augmentée. Voici quelques chiffres intéressants. Un homme au repos, couché, a aspiré pendant un certain temps une quantité d'air qu'on prend pour unité. Assis, le même homme en aspire un quart en sus; debout, un tiers; marchant lentement (1k,07 à l'heure), la quantité d'air double; elle quadruple quand il nage, et quand il court (12 kil. à l'heure), elle devient sept fois plus grande. (E. Smith.)

A côté de ces causes qui agissent sur le nombre des mouvements s'en trouvent qui agissent sur leur rhythme. Telle est, pour citer un exemple, la grande contention d'esprit.

Lorsqu'un orateur, par l'exposé brillant d'une idée, entraîne son auditoire et le suspend, comme on dit, à ses lèvres, on observe, chez ceux qui l'écoutent, une modification remarquable des mouvements respiratoires: l'inspiration se prolonge, et l'auditeur remplit lentement ses poumons au maximum; puis, la phrase achevée, on entend une longue expiration, un soupir de soulagement. Mais l'orateur ne doit pas abuser de ces effets imposés à son auditoire. Laissez-nous respirer, lui dit-on. Autre exemple. L'homme livré au travail intellectuel, s'il rencontre une difficulté, un problème, suspend un moment son mouvement respiratoire; il le suspend toujours à l'état d'expiration. Mais que soudain tout s'éclaire, que la difficulté soit vaincue, aussitôt il reprend énergiquement l'acte interrompu : l'inspiration, comme on dit, est venue.

Il va sans dire que cette suspension de la respiration ne pourrait être longue; il serait impossible de s'asphyxier volontairement : on ne peut guère suspendre sa respiration plus de 40 à 45 secondes. Les plongeurs les plus exercés ne peuvent rester plus d'une minute et demie sans respirer, et quatre ou cinq minutes d'immersion forcée entraîneraient la mort d'un homme. Au reste, ce temps varie beaucoup d'espèce à espèce : un petit oiseau plongé dans l'eau meurt en quelques secondes; un canard met souvent plus de dix minutes; l'hippopotame reste fréquemment sous l'eau pendant plus d'un quart d'heure, et Scoresby rapporte que les baleines blessées plongent plus d'une demi-heure. Enfin, ce qui est plus intéressant encore, beaucoup d'animaux nouveau-nés, ceux qui naissent dans un état d'imperfection évidente, les lapins, les rats, les pigeons, les chiens, les chats, et même les nouveau-nés de l'espèce humaine, peuvent pendant beaucoup plus longtemps vivre sans respirer. Des enfants venant de naître ont ainsi survécu à une immersion qui a duré un quart d'heure. Mais, tôt ou tard, le besoin de respirer devient impérieux, et triomphe aisément de la volonté, lorsqu'il n'a pas d'autre obstacle.

Le lieu où ce besoin, qui provient des besoins de l'organisme entier, fait directement sentir son action; le lieu d'où partent alors les ordres qui déterminent les mouvements respiratoires a été indiqué avec une netteté admirable par Legallois, et surtout par le physiologiste éminent que la mort vient de nous enlever, par M. Flourens. C'est un point très-restreint des centres nerveux, au-dessous du cervelet, là où la moelle épinière pénètre dans le crâne; la piqûre d'une grosse épingle en ce lieu suffit pour tuer instantanément un animal. Tout mouvement respiratoire cesse immédiatement.

On a donné très-malheureusement à ce point le nom de *nœud vital*, nom singulier, à moins qu'on n'ait voulu indiquer ainsi que le physiologiste, nouvel Alexandre, tranchait avec lui, sans le résoudre, le problème de la vie. Mais, nous l'avons déjà dit, ce serait une grande erreur que de croire que la vie est ainsi réfugiée en un point spécial duquel on peut aisément la chasser; ce serait une erreur plus grande encore que de se la figurer pour ainsi dire personnifiée.

Si elle disparaît soudain chez un chien ou un oiseau après la lésion dont nous avons parlé, c'est que cette lésion détruit le lieu où s'opère la coordination des mouvements respiratoires: la respiration cessant, la mort s'ensuit très-vite. Mais si nous entretenons chez l'animal ainsi blessé une respiration artificielle, ou si nous prenons un animal moins sensible à l'asphyxie, un chien nouveau-né, une grenouille, par exemple, nous le voyons continuer à vivre longtemps après l'ablation de son prétendu nœud vital; cependant tous ses mouvements respiratoires ont cessé.

III

Étudions maintenant d'un peu plus près ce conflit de l'air et du sang, dont nous connaissons déjà, quant à son sens général, le résultat ultime.

Les deux adversaires sont en présence; cependant une barrière, une membrane les sépare, mais elle ne saurait empêcher le conflit. Elle le modère seulement, elle le régu-

larise ; mais les gaz la traversent aisément et se conduisent à peu près comme si elle n'était pas.

Soit, direz-vous, nous voyons que l'échange se fait ; mais en vertu de quoi se fait-il ? Pourquoi l'oxygène de l'air entre-t-il dans le sang ? pourquoi l'acide carbonique du sang s'échappe-t-il et se répand-il dans l'air ?

L'oxygène est libre dans l'air, où il ne rencontre aucune substance capable de s'unir directement avec lui. Mais, dans le sang, les globules renferment une matière avide d'oxygène ; celui-ci n'hésite pas alors à traverser la membrane et à pénétrer dans le sang pour conclure avec l'hématocristalline une union qui sera passagère.

Quant à l'acide carbonique, il s'en va, parce qu'il est en grande abondance dans le sang et en très-faible quantité dans l'air. Le sang veineux en contient environ 30 pour 100 de son volume ; l'air, tout au plus 1 pour 1000. Une loi de physique, la loi de Dalton, le force à s'échapper. Mais si la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air augmente, la sortie de ce gaz hors du sang devient de plus en plus difficile. Il arrive même un moment où elle ne peut plus avoir lieu. Le sang est encore apte à absorber de l'oxygène ; mais il ne peut plus rendre son acide carbonique : c'est là une circonstance des plus dangereuses pour l'animal, comme nous allons le voir bientôt.

IV

Les principales conditions intimes du phénomène respiratoire étant connues, examinons maintenant ses conséquences.

Considérons d'abord l'animal respirant à l'air libre, ou du moins non confiné ; assujettissons-le seulement au jeu d'appareils, inutiles à décrire ici, et disposés de telle sorte qu'on puisse aisément mesurer la quantité et la qualité de l'air inspiré et de l'air expiré pendant un temps donné.

Le premier fait qui nous frappera est celui-ci : si nous supposons, d'une part, la quantité d'oxygène qui a été consommée pendant ce temps ; d'autre part, la quantité d'oxygène contenue dans l'acide carbonique qui a été expiré, toujours le dernier nombre sera plus faible que le premier. Le rapport varie entre six et neuf dixièmes ; il est plus élevé chez les animaux herbivores que chez les carnivores. L'oxygène n'a donc pas seulement servi à former de l'acide carbonique s'échappant par la respiration, une certaine quantité a été employée autrement. M. Boussingault a démontré que, comme l'avait supposé Lavoisier, elle sert en partie à brûler de l'hydrogène et à produire de l'eau. Mais l'étude détaillée de ces phénomènes appartient spécialement à l'histoire de la nutrition.

Il faut en dire autant des différences si considérables que l'on constate entre les quantités d'oxygène consommées par des animaux d'espèce, de taille différentes, ou placés dans certaines conditions particulières. Je ne puis cependant m'empêcher d'en dire quelques mots.

Les animaux peuvent être divisés en deux catégories : les uns suivent, presque sans résistance, toutes les modifications de la température extérieure ; leur activité vitale s'exalte et diminue selon que l'air ambiant s'échauffe ou se refroidit : on les appelle animaux à température variable, ou, plus vulgairement, à sang froid. Les autres protestent en quelque sorte contre les variations extérieures ; quelles qu'elles soient, ils maintiennent au même degré thermométrique leur *milieu intérieur* : ce sont les animaux à sang chaud, l'homme, les mammifères, les oiseaux.

L'activité respiratoire des premiers est, on le comprend, en rapport direct avec la température. Ainsi, des lézards, à 7 degrés, consomment huit fois moins d'oxygène qu'à la température de 23 degrés (Regnault). Même à son maximum, leur respiration est beaucoup moins énergique que celle des animaux à température constante. Les insectes seuls font exception ; leur respiration est, en effet, d'une intensité surprenante. Ainsi les hannetons consomment, à poids égal, un peu plus d'oxygène que ne le fait un lapin.

Sur les animaux à sang chaud, l'influence de la température se fait aussi sentir, mais dans un sens diamétralement opposé. Plus il fait froid, plus ils respirent, et l'on a vu qu'un homme qui, en été, ne consommait que 31 grammes d'oxygène par heure, en consommait 44 grammes en hiver (Barral). La taille exiguë produit le même effet que le froid, et cela se conçoit, car elle est une condition de refroidissement. Aussi ne peut-on s'étonner de voir des moineaux, à poids égal et dans des circonstances identiques, consommer dix fois plus d'oxygène qu'une poule (Regnault).

Enfin, l'exercice fournit des résultats semblables. Un homme au repos consommait 24 litres d'oxygène par heure ; un travail énergique faisait monter la consommation à 63 litres (Lavoisier). Entre l'état de repos et celui d'activité, la respiration d'un bourdon donne des produits qui diffèrent comme 1 est à 25.

Tout cela se comprend aisément ; car, enfin, pourquoi respirons-nous ? A cause des oxydations intimes de nos tissus. Mais pourquoi cette oxydation ? Ne pouvait-on supposer un être animé qui pût agir sans brûler incessamment ainsi toutes les parties de son corps, et qui, comme nos machines, restât sans cesse identique avec lui-même ? Non, messieurs, une pareille supposition ne saurait être faite. Car où l'animal prendrait-il la force nécessaire à l'action ? Il ne peut la créer, — rien ne se crée ni ne se perd dans la nature, — et il ne la reçoit point toute prête du dehors, comme il arrive pour nos machines. Il faut donc, de toute nécessité, qu'il la rende manifeste là où elle était latente. Or, le plus puissant moyen qu'il possède pour cela est la combustion des parties de son propre corps. Cette combustion met en liberté les forces moléculaires captives ; elles apparaissent, pour la plus grande partie, soit sous forme de chaleur, soit sous forme de mouvement, selon les circonstances et les nécessités du moment.

Or, si l'organisme consomme et perd de la force, soit par l'influence du froid extérieur, soit par un travail qu'il exécute, il faut de toute nécessité qu'il en obtienne d'autres à l'aide d'une nutrition dont la respiration montre aussitôt l'ardeur augmentée.

Mais les expériences faites à l'air libre ne peuvent pas nous éclairer sur tous les points qu'il nous importe de connaître. Plaçons un animal dans une atmosphère confinée, dans une cloche renversée sur le mercure.

Nous pouvons tout d'abord examiner ainsi le rôle de chacun des deux gaz qui constituent l'air ordinaire. Dans cette cloche remplie d'azote, nous introduisons un oiseau ; immédiatement il se débat, tombe sur le flanc, et succomberait si nous ne le retirions à la hâte. Mais, à peine à l'air libre, il revient à la vie. Ici, au contraire, un oiseau est depuis plus d'une heure dans une atmosphère composée d'oxygène pur ; de la potasse placée au fond du vase absorbe l'acide carbonique au fur et à

mesure de sa formation : vous voyez que l'animal ne paraît nullement souffrir de ce changement de conditions ; et si nous examinions le rapport de l'oxygène qu'il consomme à l'acide carbonique qu'il produit, nous trouverions un nombre sensiblement égal à celui que fournit la respiration dans un milieu d'air ordinaire. Enfin voici une troisième cloche dans laquelle l'azote de l'air a été remplacé par une quantité égale d'hydrogène ; vous voyez que notre oiseau y vit parfaitement, et sa respiration s'exécute à peu près comme s'il était plongé dans de l'air ordinaire.

Le rôle de l'azote paraît donc se réduire à une simple dilution de l'oxygène, dilution dont l'utilité n'est pas encore bien connue. — Agissons maintenant avec de l'air ordinaire.

Le premier fait que nous constaterons, c'est que le mercure s'élèvera dans la cloche ; en d'autres termes, que le volume de l'air diminuera par la respiration. Quel que soit l'animal employé, ce résultat sera constant. Cela n'a pas de quoi vous étonner ; en effet, vous avez vu que la quantité d'oxygène absorbé par un animal, dans un temps donné, est toujours plus considérable que celle de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé pendant ce temps. Or, un volume d'acide carbonique contient un volume d'oxygène. Il y a donc un volume d'acide carbonique rendu inférieur au volume d'oxygène absorbé ; de là la diminution de volume dans la cloche.

Si nous laissions l'animal pendant longtemps sans renouveler l'air dans la même cloche, nous le verrions donner des signes de souffrance, s'agiter, puis périr. Il serait asphyxié. Cela arriverait plus ou moins vite, selon l'activité plus ou moins grande des combustions intimes de l'animal.

Ainsi, un animal à sang froid vivra beaucoup plus longtemps, dans une même capacité d'air, qu'un animal à sang chaud. Plus la température sera basse, plus longtemps il vivra. Au contraire, un animal à sang chaud mourra d'autant plus vite, qu'il aura plus froid ou qu'il s'agitera davantage. Tout ceci s'explique aisément par ce que nous avons dit plus haut.

L'animal étant mort asphyxié, si nous examinons l'air que contient la cloche, nous trouvons qu'il a perdu presque tout son oxygène et qu'il est devenu très-riche en acide carbonique. Les chiffres varient suivant les animaux : généralement les oiseaux meurent quand il n'y a plus que de 3 à 4 pour 100 d'oxygène ; certains mammifères vont beaucoup plus loin, et j'ai vu des souris ne laisser que 1/2 pour 100. Enfin, certains animaux inférieurs, comme les limaçons, ont pu être comparés, par Vauquelin, à des bâtons de phosphore, épuisant jusqu'aux dernières traces de l'oxygène atmosphérique.

Mais si les chiffres varient beaucoup d'une espèce à une autre, peut-on du moins fixer, pour chaque espèce, un chiffre au delà duquel la mort arrive nécessairement ? Dans le domaine physiologique ces résultats fixes sont impossibles. En effet, maintes circonstances interviennent, dont les unes sont simplement difficiles à déterminer, dont les autres sont tout à fait inconnues, qui modifient notablement les résultats numériques des expériences. Tenir compte de toutes ces conditions, mesurer à chacune sa part d'influence, telle est la plus grande difficulté que rencontre le physiologiste. Nul plus que lui, sinon peut-être l'homme politique, n'a besoin d'avoir sans cesse présent à l'esprit l'axiome d'Aug. Comte : Tout est relatif, voilà le seul précepte absolu.

L'expérience suivante, due à M. Claude Bernard, nous fournira un exemple de ces conditions. On place sous une cloche un oiseau ; quand celui-ci, ayant épuisé l'oxygène de l'air, donne les signes d'un malaise grave, on introduit sous la cloche un oiseau de même espèce bien vigoureux. Or, celui-ci tombe immédiatement, et meurt le premier. C'est que le premier, graduellement rendu malade, avait accommodé les dépenses de son organisme aux faibles ressources dont il disposait ; l'autre, au contraire, en pleine activité, en pleine dépense, s'est trouvé en présence d'une recette oxygénée trop faible : il a fait faillite, il est mort.

S'il y a de telles difficultés à répondre d'une manière absolue pour un animal, dont on peut cependant soumettre les pareils à maintes expériences, elles s'augmentent bien davantage lorsqu'il s'agit de l'homme.

Je vous dirai seulement qu'un homme sain ne paraît pas souffrir en respirant un air chargé de 1 ou même 2 pour 100 d'acide carbonique. Dans l'amphithéâtre même où nous nous trouvons, l'air, après une leçon d'une heure et demie, en contenait 1 pour 100. Quatre ou 5 centièmes d'acide carbonique produit, qui ne laissent plus dans l'air que 12 ou 15 centièmes d'oxygène, paraissent être une limite où la gêne de la respiration devient intolérable chez l'homme (observations faites dans des mines). On estime généralement qu'un homme, pour être à l'abri de tout accident, doit avoir à sa disposition, dans un espace confiné, 10 mètres cubes d'air par heure. Je n'essayerai pas d'appliquer ce chiffre à la circonstance présente, car j'aurais peur de vous voir fuir avant la moitié de la leçon.

Mais revenons à notre oiseau.

Ainsi l'oxygène a presque disparu de cette cloche où il est mort ; de l'acide carbonique s'y est accumulé (12 à 15 pour 100) : laquelle de ces deux causes a déterminé la mort de l'oiseau ? Privation d'oxygène, présence de l'acide carbonique ?

Mais avant d'étudier cette question délicate, je veux vous rappeler une admirable expérience qui date de Priestley (1772). Dans une cloche où étaient mortes, asphyxiées, deux souris, Priestley introduisit un pied de menthe qu'il exposa au soleil ; après quelques heures, l'air de la cloche était redevenu capable d'entretenir la vie de nouvelles souris. Bientôt Ingenhousz constata que ceci n'avait lieu qu'à la condition de l'intervention des rayons solaires. Et peu après, les découvertes de Lavoisier permirent d'interpréter exactement les phénomènes : le végétal avait décomposé l'acide carbonique formé par l'animal, en avait fixé le carbone dans ses tissus, et, rendant libre l'oxygène, avait révivifié l'atmosphère.

Le secret d'une des plus admirables harmonies de la nature venait ainsi d'être découvert. Le rôle alternatif des animaux et des végétaux permettait dès lors de concevoir comment les flots d'acide carbonique que la respiration des animaux déverse dans l'atmosphère n'en altèrent cependant pas la pureté, et comment cette atmosphère elle-même n'est pas épuisée par une incessante absorption d'oxygène. Ceci fut compris presque dès le premier jour (Pringle, 1773), et maintes fois exprimé par les physiologistes et les philosophes dans un magnifique langage. Leur enthousiasme les a même entraînés à voir dans cette alternance les conditions d'une pondération exacte et permanente, d'un équilibre parfait et préétabli, en vue de l'existence humaine, dans la composition de l'atmosphère, conséquences ultra-scientifiques qu'aucune donnée numérique ne permet d'étayer.

Et d'abord, disons-le en passant, il n'y a pas, autant qu'on le croit généralement, péril en la demeure. M. Dumas a calculé, en mettant toutes choses au pire, que la respiration de tous

les animaux qui peuplent le globe ne serait susceptible d'enlever à l'atmosphère terrestre, en un siècle, que $\frac{1}{8000}$ de l'oxygène qu'elle contient, proportion insaisissable pour nos procédés actuels d'investigation. En mille siècles, ce serait $\frac{1}{8}$, et la proportion d'oxygène serait ainsi abaissée seulement à 18 pour 100, proportion dont ne paraissent pas souffrir les animaux conservés dans un espace clos.

Mais laissons là ces chiffres, pour l'exactitude desquels il ne faut pas être rigoureux ; laissons là les motifs supposés des phénomènes, et occupons-nous de ceux-ci seulement. Or, le sens général est bien établi : les animaux et les plantes agissent d'une manière inverse sur la composition de l'atmosphère, l'œuvre de celles-ci étant de détruire ce que les autres ont fait.

Est-ce à dire que cet antagonisme dans le résultat du conflit de l'air avec les végétaux ou avec les animaux établisse entre ces deux grandes divisions de l'empire vivant une infranchissable barrière ? Est-ce à dire que les généralités par lesquelles j'ai débuté ne soient applicables qu'aux êtres animés ? Est-ce à dire que l'absorption d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique ne soient pas, chez le végétal comme chez l'animal, une des conditions et une des conséquences de la vie ?

Je me permets de répondre, avec Dutrochet et Garreau : en aucune façon !

En effet, au lieu d'examiner une plante ordinaire, colorée en vert, prenons une plante non verte, un champignon, ou une de ces plantes parasites qui vivent sur les racines, comme les orobanches, ou encore une partie non verte d'une plante quelconque, comme une fleur, un fruit, du bois ; plaçons-les dans une cloche, avec de l'air : nous les verrons absorber de l'oxygène et produire de l'acide carbonique. Bien mieux, prenons une plante verte, et plaçons-la dans l'obscurité : elle agit alors comme un animal.

Ainsi, en faisant abstraction de la matière verte que contiennent les feuilles et l'écorce de la plupart des végétaux, ceux-ci se comportent exactement comme les animaux. Mais ils sont enveloppés le plus souvent d'une couche de matière verte qui possède cette propriété remarquable de décomposer l'acide carbonique sous l'influence des rayons solaires, et de restituer de l'oxygène. En telle sorte que, pendant la période diurne, la résultante générale des actions de la plante sur l'atmosphère est diamétralement inverse de celle des animaux. Si l'on ne voulait pas donner au mot respiration l'acception de simple échange gazeux, on pourrait dire qu'il y a là une sorte de *digestion cutanée* de l'acide carbonique, masquant la vraie respiration. Mais quand celle-ci l'emporte de beaucoup sur l'autre en intensité, l'opposition disparaît : c'est ce qui arrive pour les bourgeons verts, qui respirent comme des animaux. Enfin, on a constaté l'existence d'animalcules aquatiques de couleur verte qui décomposent, comme les végétaux, l'acide carbonique. (Morren.)

Cette discussion est de la plus haute importance pour la physiologie générale ; elle tend à faire disparaître cet incompréhensible antagonisme de la matière vivante animale et de la matière vivante végétale. Elle nous permet de considérer au contraire la matière vivante comme douée des mêmes propriétés fondamentales, quelles que soient les formes diverses qu'elle revêt pour constituer les différents êtres.

Mais revenons aux animaux.

Nous nous sommes demandé pourquoi meurt un oiseau dans de l'air qu'il a altéré au point de n'y laisser que 3 pour 100 d'oxygène, avec 14 ou 15 pour 100 d'acide carbonique. Est-ce l'excès de celui-ci qui le tue ? Est-ce au contraire la privation d'oxygène ?

Enfermons un oiseau dans une cloche pleine d'oxygène ; au bout d'un temps l'animal meurt. L'air de la cloche examiné contient encore plus de 60 pour 100 d'oxygène, et 25 à 30 pour 100 d'acide carbonique. Ce n'est donc pas ici la privation d'oxygène qui tue, mais la présence de l'acide carbonique. Mais pour l'oiseau mort dans l'air ordinaire, la faible proportion de l'acide carbonique (15 pour 100) n'a pu déterminer la mort, qui n'est arrivée, dans notre seconde expérience, qu'avec 25 à 30 pour 100. Il est donc mort par privation d'oxygène (1).

Si nous eussions répété, durant la saison chaude, avec un reptile, un lézard, les deux expériences que nous venons de faire avec un oiseau placé dans l'air ou dans l'oxygène pur, nous serions arrivés à un résultat inverse, c'est-à-dire que nous aurions constaté que, dans l'air ordinaire, le lézard meurt non point par privation d'oxygène, mais par excès d'acide carbonique. En d'autres termes, que l'air ordinaire est pour lui ce qu'est l'oxygène pur pour l'oiseau, et que les reptiles redoutent infiniment plus l'acide carbonique que ne font les animaux à sang chaud.

Ainsi, quand certains paléontologistes vous feront remarquer que l'apparition des reptiles précède celle des mammifères, et vous diront qu'il en devait être ainsi, parce que l'atmosphère n'avait pas encore été épurée par les grandes forêts des âges carbonifères, vous saurez que la physiologie fournit des inductions directement opposées à cette hypothèse.

On a eu de tristes et trop fréquentes occasions de constater chez l'homme des cas de mort survenus dans une atmosphère confinée. L'histoire a surtout conservé le souvenir de trois terribles événements. En 1756, dans l'Inde, les Anglais entassèrent 146 prisonniers dans une chambre de 20 pieds en carré, qui n'avait que deux petites prises d'air ; après huit heures, il ne restait plus que 23 survivants. On cite aussi fréquemment les assises d'Old-Bailey, où, en 1750, juges, accusés, assistants s'asphyxièrent et périrent presque tous. Enfin, après Austerlitz, 300 prisonniers ayant été entassés dans une cave, 40 seulement en sortirent vivants. Les cales des navires négriers, des pontons anglais, des vaisseaux chargés d'émigrants, et jusqu'aux souterrains des Tuileries pourraient raconter des histoires presque aussi terribles. Dans ces circonstances, ces malheureux sont morts par privation d'oxygène.

Mais il en est d'autres où la mort survient par excès d'acide carbonique : c'est ce qui arrive, par exemple, si fréquemment, dans les pays vignobles, où les cuves en fermentation sont encore placées dans les caves. On a coutume de recommander de ne s'aventurer au voisinage des cuves qu'armé d'une lumière, dont l'activité plus ou moins grande doit mettre suffisamment en garde. Sans doute, si la lumière s'éteint, il est prudent de s'enfuir ; mais il ne faut pas se fier à son éclat persistant, car si l'air contient encore 18 ou 20 pour 100 d'oxygène, elle continuera de brûler en présence d'une quantité d'acide carbonique qui peut rapidement suffoquer.

(1) Je suis loin de croire, cependant, que la proportion de l'acide carbonique produit n'agisse pas du tout dans la mort dans l'air confiné ; mais cette discussion nous entraînerait trop loin.

La vapeur de charbon nous offre un autre exemple de mort par l'acide carbonique ; mais, le plus souvent, le phénomène est complexe, et la mort est due en grande partie à l'oxyde de carbone : un centième de ce gaz suffisant, chez un oiseau, à amener la mort. Le moineau que vous avez sous les yeux vous en fournira la preuve : j'introduis dans la cloche où il est renfermé un peu d'oxyde de carbone ; presque immédiatement il est pris de convulsions et expire. Et veuillez remarquer que je ne pourrais pas le rappeler à la vie en le ramenant au grand air, comme j'ai fait pour l'azote et l'acide carbonique ; l'oxyde de carbone est un poison sans remède. M. Cl. Bernard a démontré qu'il s'unit à la matière des globules sanguins, de façon à les empêcher à tout jamais d'absorber l'oxygène de l'air ; il tue par asphyxie dans le sang.

Vous avez sous les yeux deux expériences en apparence contradictoires, dont les résultats s'expliquent par ce que nous venons de dire. Sous chacune de ces cloches sont placés une bougie allumée et un moineau : la première de ces cloches contenait de l'air, l'autre de l'oxygène presque pur. Or, dans la première, la bougie s'est éteinte et le moineau vit encore ; dans la seconde, la bougie brûle et le moineau est mort.

Dans la première, la proportion d'oxygène s'est abaissée assez pour ne plus pouvoir entretenir la combustion de la bougie ; dans la seconde, la proportion d'acide carbonique s'est élevée assez pour tuer l'animal, en présence d'une proportion considérable d'oxygène qui laisse parfaitement brûler la bougie.

Résumons, en terminant, les points principaux de notre étude.

Il existe, avons-nous dit, deux ordres de phénomènes : la *combustion* qui se passe dans la profondeur de tous les tissus ; la *respiration*, c'est-à-dire l'échange des gaz, qui ne se passe qu'au contact du sang avec l'atmosphère, sur les diverses membranes respiratoires. Pour la bougie qui brûle, pour le morceau de muscle placé dans l'oxygène, pour les êtres vivants extrêmement petits eux-mêmes, les deux phénomènes de combustion et d'échange sont simultanés et se confondent au lieu de contact de la matière comburée et de l'oxygène comburant. Mais pour les animaux de grande taille, un intermédiaire devient indispensable entre l'air et les tissus ; cet intermédiaire est le sang qui, dans sa course circulaire, emporte et rapporte en combinaison avec ses propres éléments les deux gaz tant de fois cités. Enfin, entre le sang et l'atmosphère s'opère le conflit, l'acte respiratoire.

Pour ce qui est des procédés divers suivant lesquels a lieu ce conflit, nous avons vu qu'ils sont infiniment variés : tantôt c'est l'air libre qui intervient, tantôt l'air dissous dans l'eau ; ici la membrane respiratoire s'étale sur des lamelles extérieures et flottantes ; là elle se dispose en cavités plus ou moins ramifiées ; chez d'autres, enfin, elle est constituée par la peau tout entière. Quant au renouvellement du sang sur la surface respiratoire, quant au renouvellement de l'air, ils sont assurés par des mécanismes encore plus variés.

La physiologie comparée étudie tous ces procédés à l'aide desquels se trouve réalisé le grand acte respiratoire ; elle en analyse et en explique les détails ; elle en constate l'importance et les résultats par rapport à chacun des êtres organisés. Elle en signale ensuite les harmonies avec les conditions habituelles ou particulières de la vie de l'être. Puis elle lègue tous ces matériaux à la physiologie générale.

Celle-ci, au milieu de ces infinies diversités dans les mécanismes, cherche et trouve le fait primordial, précise les conditions nécessaires de son accomplissement, mesure l'influence et les conséquences des conditions secondaires. Et la formule générale à laquelle elle cherche à arriver, semblable à la formule des analystes, devra se prêter, moyennant des changements de variables, à l'explication de tous ces faits. De la sorte elle fait descendre la lumière sur les conditions de vie de chacun des êtres vivants, considérés comme des cas particuliers du problème général.

C'est ainsi qu'envisageant d'une manière générale les rapports des êtres vivants avec le milieu dans lequel ils sont plongés, elle constate que chez tous ils sont identiques. Qu'il vive dans l'air ou dans l'eau, à la lumière ou à l'ombre, qu'il soit ou non doué de cette activité spéciale qui a mérité leur nom aux animaux, toujours l'être vivant s'oxyde dans toutes ses parties, et remplace par de l'acide carbonique l'oxygène qu'il emprunte à l'air. En d'autres termes, elle constate, au milieu de l'infinie variété des phénomènes secondaires, une majestueuse unité. C'est là la constante conclusion de toutes les vues générales sur les phénomènes de la nature ; mais il n'est guère de questions, surtout en biologie, où cette conclusion soit aussi facile à justifier que pour les phénomènes de la respiration.

Ce grand fait général constaté lui permet de comprendre les relations de l'être vivant, non-seulement avec cette terre qu'il habite, avec l'atmosphère qui l'entoure, mais avec le soleil lui-même. En effet, pourquoi l'animal s'oxyde-t-il? C'est, avons-nous dit, pour se procurer des forces ; ces forces, il les met en liberté, pour la plus grande partie, sous la forme de chaleur, et cette chaleur s'en va se dissipant par rayonnement vers les espaces célestes. Ainsi la somme de forces à laquelle il puise diminue sans cesse. Alors le soleil intervient ; ses rayons déversent sur notre terre des forces qui s'emmagasinent et réparent les pertes incessantes. Le lieu d'emmagasinement est particulièrement le règne végétal, dont les parties vertes, sous l'influence des rayons solaires, lient le carbone et l'hydrogène dans des combinaisons qui nécessitent pour exister une grande quantité de forces retenues. Simultanément il dégage l'oxygène nécessaire à la vie de tout être. Donc, règne végétal, règne animal, combustion, réduction, forces solaires, telles sont les conditions de l'harmonie actuelle de ce qui se passe autour de nous, de ce qu'on pourrait appeler les fonctions actuelles de la terre.

Arrivé à ces hauteurs et considérant ainsi le principe unique de tant de phénomènes variés, principe dont il s'empare et qu'il dirige lui-même en en dirigeant les conditions, le physiologiste éprouve une satisfaction profonde. Ce n'est plus l'élan intempestif des jeunes âges scientifiques vers la recherche et l'admiration des causes personnifiées ; ce n'est même pas l'enthousiasme du poëte chantant la victoire. C'est le sentiment profond de la victoire gagnée, de la puissance acquise, sentiment que la vue de tant d'autres batailles à livrer éloigne de l'orgueil ; c'est la satisfaction que procure la loi contemplée, la loi immuable, éternelle, qui se rit des accidents, les domine, ou plutôt se révèle en eux. C'est une satisfaction intime, austère, mais grande, et que, pour ma part, je serais bien heureux de vous avoir fait comprendre et apprécier durant cette longue et, j'en ai peur, bien aride conférence.

PAUL BERT.

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE VINCENNES.

ENTRETIENS AGRICOLES PAR M. GEORGES VILLE (1).

Les Engrais chimiques.

Vous savez que les minéraux qui entrent dans la composition des végétaux sont au nombre de dix, savoir : le *phosphore*, le *soufre*, le *chlore*, le *silicium*, le *calcium*, le *magnésium*, le *potassium*, le *sodium*, le *fer* et le *manganèse*. Mais, ce qui ne peut manquer de vous surprendre, nous ignorons à peu près complétement à quel état ils entrent dans l'organisation des tissus végétaux. Nous savons que c'est à l'état de composés binaires ou ternaires, sans pouvoir préciser exactement leur nature et leur composition. L'état borné de nos connaissances à cet égard vous étonnera moins toutefois, si j'ajoute que pour acquérir la moindre notion sur leur présence, il faut commencer par brûler les tissus qui les contiennent.

Mais si la science présente à cet égard une lacune regrettable, nous savons du moins avec certitude sous quelle forme et à quelles conditions les minéraux peuvent devenir, en agriculture, des agents de fertilité extrêmement efficaces. S'agit-il du phosphore? C'est à l'état de phosphate de chaux qu'il faut l'employer; la potasse, à l'état de carbonate, de nitrate ou de silicate, et la chaux à celui de carbonate et de sulfate. Nous sommes donc parfaitement fixés sur ce second point, plus important que le premier : la forme la plus favorable aux bons effets des minéraux comme agents de fertilité. Mais ici se présente une question fort inattendue.

Je viens de vous dire que dans la substance des végétaux il entre dix minéraux différents, et maintenant je suis forcé d'ajouter que trois suffisent, avec le secours d'une matière azotée, pour élever et entretenir la fertilité, et que l'agriculteur n'a pas à se préoccuper des sept autres. Est-ce à dire que *ces derniers* sont sans effet sur les végétaux? Nullement. *Ils ne leur* sont pas moins nécessaires que les trois premiers, et si la pratique peut s'en passer, c'est uniquement parce que les plus mauvaises terres en sont suffisamment pourvues.

Si les données que je viens d'exposer sont exactes, la conclusion est forcée; on doit pouvoir, à leur aide, obtenir dans du sable calciné, inerte par lui-même, une végétation aussi prospère que dans les terres d'alluvion les plus fertiles. Il ne faut pour cela que dix minéraux et une matière azotée.

Il résulte également de ces données fondamentales que, dans une terre naturelle, on doit obtenir le même résultat avec une matière azotée et trois minéraux seulement, le phosphate de chaux, la potasse et la chaux. L'expérience confirme ces deux prévisions de la théorie.

Dans le même ordre d'idées, on doit aller plus loin encore.

S'il est vrai que chaque minéral remplisse une fonction qui lui est propre et que l'effet utile de l'ensemble soit solidaire, dans une certaine mesure, de la présence de chacun de ces éléments en particulier, on doit, par la suppression d'un ou de plusieurs termes du mélange fertilisant, déterminer une série de gradations allant du rendement le plus précaire au rendement le plus intensif. L'expérience confirme cette nouvelle prévision de la théorie.

Mais comme il s'agit ici d'une question infiniment grave, afin de mettre nos résultats à l'abri de toute contestation, opérons ces suppressions dans un sol de sable calciné dont la composition n'a rien qui ne soit connu et défini.

Dans le sable calciné, pur de toute addition, mais imbibé d'eau distillée, le froment n'acquiert qu'un développement rudimentaire; c'est à peine si la paille atteint les dimensions d'une aiguille à tricoter. Dans ces conditions, la végétation suit cependant son cours ordinaire; la plante fleurit, elle porte sa graine; mais c'est tout au plus si, dans chaque épi, il y a un ou deux grains chétifs et mal organisés.

Ainsi, avec un sol déshérité s'il en fut, le froment trouve dans l'eau dont on l'arrose et dans l'acide carbonique de l'air, aidé de la substance de sa graine, des ressources suffisantes pour parcourir tristement, mais enfin pour parcourir le cycle entier de son évolution.

Avec vingt-deux grains de semence, pesant à peu près 1 gramme, on obtient 6 grammes de récolte. Ajoute-t-on au sable les dix minéraux, à l'exclusion de la matière azotée, le résultat n'est guère meilleur.

Dans ces nouvelles conditions, le blé se développe un peu plus que dans le cas précédent; mais la récolte est encore bien faible: elle atteint 8 grammes.

A l'inverse de cette deuxième expérience, supprime-t-on les minéraux pour ajouter au sable rien que de la matière azotée, la végétation reste encore chétive et rabougrie; cependant la récolte s'élève un peu, elle atteint 9 grammes. Suivez la progression : dans le sable calciné pur, 6 grammes; avec les minéraux sans matière azotée, 8 grammes; avec la matière azotée seule, 9 grammes.

Dans ce dernier cas, un symptôme nouveau s'est produit.

Tant que l'on opère avec les minéraux seuls, les plantes sont étiolées, les feuilles présentent une coloration vert jaunâtre; dès qu'on ajoute au sable une matière azotée, au contraire, les feuilles changent de couleur, deviennent d'un vert sombre: il semble que la végétation va prendre son essor ordinaire; mais ce n'est là encore qu'une apparence trompeuse, et la récolte reste toujours faible.

Jusqu'à présent nous n'avons pas dépassé, vous le voyez, les rendements les plus rudimentaires; tentons une quatrième expérience qui soit en quelque sorte la synthèse des trois précédentes.

Réunissons dans les sables calcinés la matière azotée aux minéraux. Cette fois, messieurs, on serait tenté de croire à l'intervention d'un magicien, tant le phénomène contraste avec ceux qui l'ont précédé. Tout à l'heure la végétation était languissante, précaire, étiolée: maintenant les plantes s'élancent plus qu'elles ne s'élèvent; les feuilles sont d'un beau vert; la tige, droite, ferme, se termine par un épi rempli de bons grains, et la récolte atteint de 22 à 25 grammes.

Vous le voyez, messieurs, toujours guidés par l'expérience, qui est notre guide de prédilection, nous avons réussi à produire artificiellement des végétaux à l'exclusion du fumier et de toute substance inconnue. Vous conviendrez que c'est là un point considérable et fondamental. Plus de mystère, pas de force indéterminée; quelques produits chimiques d'une pureté certaine, de l'eau distillée, parfaitement pure elle-même; une graine pour point de départ; et pour résultat, une récolte de tous points comparable à celle qu'on obtient dans la bonne terre.

(1) Voyez ci-dessus, page 75 et 100, numéros des 4 et 17 janvier 1868.

Nous sommes donc fondés à dire que le problème de la végétation vient de recevoir là sa solution souveraine, car nous avons défini, non-seulement les conditions qui président à la production des végétaux, mais encore les degrés d'importance de chacun des agents qui y concourent.

Ainsi la matière azotée produit à elle seule un peu plus d'effet que tous les minéraux ensemble, mais la récolte ne prend les caractères d'un rendement intensif que lorsqu'on réunit ces deux ordres de composés.

Nous pouvons ajouter enfin que lorsqu'on passe du sable calciné aux terres naturelles, le nombre des minéraux à employer comme engrais peut être réduit sans inconvénient de 10 à 3. Faites, dans ces nouvelles conditions, deux expériences parallèles, l'une avec une matière azotée avec les dix minéraux, et l'autre avec une matière azotée et trois minéraux seulement, le phosphate de chaux, la potasse et la chaux, les rendements sont égaux.

Dans le sable calciné, cette suppression de sept minéraux se fût traduite par un abaissement immédiat de la récolte, si tant est que la végétation y eût résisté. Or, comme elle n'en souffre pas dans la terre naturelle, il est manifeste que ces sept minéraux existent dans le sol.

Les conditions les plus favorables de la fertilité se trouvent donc réalisées par la réunion de ces quatre termes : MATIÈRE AZOTÉE, PHOSPHATE DE CHAUX, POTASSE et CHAUX. C'est pourquoi j'ai donné à ce mélange le nom d'ENGRAIS COMPLET.

Enfin, pour raffermir encore ce que je viens de dire, qu'il me soit permis de placer sous vos yeux une série de récoltes obtenues avec des engrais chimiques seulement. Les inégalités considérables qu'elles présentent ont pour cause unique la suppression de l'un des quatre termes de l'engrais complet, tant il est vrai que la réunion des quatre est indispensable pour obtenir une végétation florissante.

Bien que les dix éléments qui viennent de nous occuper participent seuls à la production des végétaux; pour remplir leurs fonctions, ces éléments réclament impérieusement le concours d'un autre ordre que le sol contient aussi et dont il faut que je vous entretienne.

Ces matériaux, au nombre de trois, savoir : l'argile, le sable et l'humus, diffèrent des précédents par leurs fonctions purement passives. Ils servent, en effet, de support aux plantes, mais ne concourent pas par eux-mêmes au maintien de la vie végétale. Aussi, pour les distinguer des premiers, qui ont reçu le nom d'*éléments assimilables* du sol, leur a-t-on donné celui d'*éléments mécaniques*.

Mais ce n'est pas tout, les éléments assimilables se divisent eux-mêmes en deux groupes : les éléments assimilables actifs et les éléments assimilables en réserve, ainsi nommés parce qu'ils ne peuvent concourir à la production végétale qu'après avoir subi une décomposition préalable qui permette aux végétaux de les absorber.

Un exemple va nous faire toucher du doigt, pour ainsi dire, la nécessité de cette distinction.

Les matières azotées, d'origine animale, produisent, en se décomposant, de l'ammoniaque et des nitrates, et doivent à cette formation leur effet utile. Les dépouilles des animaux, et leur peau notamment, sont dans ce cas, attendu qu'elles se décomposent avec une facilité et une promptitude sans égales.

Mais ces peaux ont-elles subi la préparation du tannage, ont-elles passé à l'état de cuir, elles ne se décomposent plus qu'avec une extrême lenteur, et perdent ainsi une partie de leur activité immédiate.

Dans le premier cas, elles appartenaient au groupe des éléments assimilables actifs, et, dans le second, à celui des éléments assimilables en réserve.

Eh bien! il y a dans le sol des produits organiques et minéraux, qui, comme ceux dont nous venons de parler, n'exercent une action utile qu'après avoir subi une décomposition préalable plus ou moins lente. Il était donc nécessaire, vous le voyez, d'établir une distinction entre ces deux ordres d'éléments.

Je reviens aux éléments mécaniques. S'ils ne participent pas, comme nous l'avons dit, à la nutrition végétale, il est intéressant de connaître leurs propriétés, parce qu'elles sont étroitement liées aux bons effets des éléments assimilables.

Ainsi l'argile a la propriété d'absorber et de retenir beaucoup d'eau, fonction importante, puisqu'elle entretient dans le sol le degré d'humidité sans lequel la végétation deviendrait impossible. Mais vous savez qu'à la longue l'argile finit par se dessécher et durcir lorsqu'elle est exposée à l'action du soleil, et alors elle devient si compacte, que les racines des plantes ne peuvent plus la pénétrer. Ici le sable, qui seul serait impropre à la végétation, parce qu'il formerait un sol trop mouvant et incapable de retenir l'eau, intervient fort à propos. Formé de grains isolés, toujours indépendants les uns des autres, le sable, par son mélange avec l'argile, en atténue la compacité, et lui communique le caractère d'un milieu poreux et meuble, aussi perméable à l'air qu'à l'eau, ce que réclame impérieusement l'exercice de la vie végétale.

L'argile possède encore une propriété qui mérite de vous être signalée. Celle de fixer dans le sol les composés azotés et minéraux qui en déterminent essentiellement la fertilité.

Cette fixation n'est pas complète et définitive; elle n'est, en quelque sorte, qu'extérieure et transitoire, car l'argile finit par rendre à la végétation les principes dont elle semblait s'être emparée.

Pour mieux vous faire comprendre le caractère de cette fonction, je vous citerai un exemple.

Délaye-t-on un morceau d'argile dans du jus de fumier, le liquide se décolore, et l'analyse montre qu'au bout d'un certain temps, il a perdu une partie de l'ammoniaque ainsi que des sels qu'il contenait et que l'on retrouve dans l'argile.

Faites en effet l'expérience inverse, délayez la même argile dans l'eau distillée, elle cède peu à peu les produits qu'elle avait extraits du jus de fumier.

Enfin, si les principes actifs du sol ne sont pas entraînés par les eaux pluviales, on le doit encore à l'argile, qui, à cette précieuse propriété, joint celle de régulariser la dissolution des principes fertilisants que le sol contient. Voici comment :

La faculté absorbante de l'argile est d'autant plus grande que les dissolutions sur lesquelles elle agit sont plus concentrées.

Dans une dissolution contenant 4 pour 100 de potasse ou d'ammoniaque, l'argile absorbe plus de ces deux alcalis que dans une dissolution qui n'en contiendrait que 1 ou 2 pour 100. Il suit de là que si des périodes de sécheresse se déclarent, on n'a point à craindre que la partie soluble du sol n'y acquière un degré de concentration dangereux pour les plantes; l'argile s'y oppose. — Les pluies se prolongent-elles, l'argile rend à l'eau les produits qu'elle avait fixés. Il

résulte de ces actions et réactions que l'argile agit sur les éléments assimilables du sol comme une sorte d'organe régulateur, les retenant ou les rendant tour à tour, suivant que la terre passe de l'état de sécheresse à celui d'un excès d'humidité.

Vous le voyez donc, messieurs, bien que l'argile et le sable ne participent pas à la vie végétale, ils remplissent cependant une fonction de la plus haute importance.

Pour terminer sur ce point, disons un mot sur la nature de ces deux corps.

L'argile est un composé de silice et d'alumine qui retient toujours de l'eau, mais dans des proportions très-variables, puisqu'elles peuvent aller de 10 à 25 pour 100 de son poids.

L'argile a pour origine les silicates des roches éruptives. Vous aurez quelque peine à croire peut-être que le granit et le porphyre, dont on a fait presque le symbole de la résistance et de la durée, s'altèrent quelquefois avec une facilité étonnante.

Lorsque le refroidissement de ces roches a été trop brusque, elles éprouvent, par l'action du temps, une sorte d'exfoliation intérieure, à la suite de laquelle leurs bases alcalines et terreuses, la potasse, la soude et la chaux, etc., sont entraînées par les eaux pluviales, tandis que l'alumine reste en combinaison avec une partie de la silice.

La nature du sable est plus simple : il est essentiellement formé de silice à l'état de quartz ; il appartient à la grande famille des roches arénacées, qui ne sont elles-mêmes que des blocs de roches éruptives ou volcaniques entraînés ou divisés par l'action des eaux.

Ainsi l'argile doit son origine à la décomposition chimique de ces roches, et le sable à leur trituration que détermine l'entraînement par les eaux, comme les alluvions de nos fleuves nous en offrent tous les jours de nouveaux exemples.

Le sol contient encore un produit bien différent des précédents, *l'humus*, auquel les agriculteurs ont attribué, bien à tort, jusqu'ici, un rôle du premier ordre.

Vous savez que la terre de bruyère, formée essentiellement de sable, contient, en outre, une matière noire, insoluble dans l'eau, mais qui s'y dissout dès qu'on y ajoute quelques traces de potasse caustique. Eh bien ! cette matière noire que l'on trouve aussi dans le jus de fumier et dans la plupart des terres naturelles à des doses très-inégales, c'est l'humus.

La composition de l'humus est la suivante :

$$C^{24}H^{9}O^{9},$$

c'est-à-dire que l'humus est composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dans le rapport voulu pour former l'eau, et qu'il rentre, par conséquent, dans le cadre des hydrates de carbone, la cellulose, le sucre, l'amidon, etc., qui représentent, vous le savez, les 95 centièmes du poids des végétaux.

L'humus a pour origine la substance même des végétaux, à laquelle une sorte de décomposition spontanée a fait perdre une certaine quantité d'hydrogène et d'oxygène à l'état d'eau.

Les deux formules suivantes sont destinées à mettre en relief ce mode de génération de l'humus.

Cellulose........................	$C^{24}H^{20}O^{20}$
Humus........................	$C^{24}H^{9}O^{9}$

Je vous disais, messieurs, que beaucoup de bons esprits placent l'humus au premier rang comme agent de fertilité ; mais si vous demandez des preuves à l'appui de cette opinion, on ne pourra vous en fournir. La nutrition végétale est un phénomène extrêmement complexe, dont l'analyse ne remonte guère au delà d'une dizaine d'années. Lorsqu'on manquait de données suffisantes pour le définir, on y suppléait par des hypothèses et des mots. L'humus a eu l'heureux privilége de servir d'explication à tout ce qu'on ne comprenait pas. Sorte de protée, chacun lui attribuait des propriétés différentes ; on croyait se mettre d'accord, grâce à cette communauté d'expressions, alors qu'en réalité on différait complétement d'opinion.

Fidèle à notre programme, évitons cet écueil ; laissons de côté les mots pour aller au fond des choses, et demandons à l'expérience nos lumières et nos informations.

Comment et dans quel cas l'humus manifeste-t-il une action favorable ?

Le premier de ses bons effets tient à la propriété qu'il possède, comme l'argile, d'absorber beaucoup d'eau, et de contribuer ainsi à maintenir de l'humidité dans le sol. Si l'on remarque cependant que la terre contient à peine quelques centièmes d'humus, il est bien difficile de leur concéder le rôle d'agent modificateur de l'état physique du sol qu'on a voulu lui attribuer.

L'humus possède une propriété plus utile : il est apte à fixer dans le sol l'ammoniaque qu'il soustrait ainsi à l'entraînement des eaux pluviales, et qu'il cède plus tard à la végétation. Ses fonctions à cet égard sont encore analogues à celles de l'argile.

Jusque-là rien de bien saillant ; mais voici où l'importance de ses fonctions commence. L'humus absorbe l'oxygène de l'air, et subit à la suite de cette absorption une combustion lente, inapparente, mais réelle. Il devient ainsi pour le sol la source d'une formation lente, mais non interrompue, d'acide carbonique, moins utile par le carbone qu'elle fournit à la végétation que par l'action dissolvante qu'elle exerce à l'égard de certains minéraux, et notamment des phosphates et du calcaire.

Nous trouverions au besoin la preuve de ce fait dans une expérience bien simple. Instituez dans le sable calciné deux cultures, l'une avec le concours de l'humus, et l'autre en l'absence de ce corps, toutes deux ayant reçu la même dose d'engrais chimique d'où l'élément calcaire a été exclu. Dans les deux cas, le rendement sera exactement le même ; mais l'analyse accusera, dans la récolte venue avec le secours de l'humus, plus de phosphate de chaux que dans la récolte venue dans le sable. L'humus suffit donc pour élever la teneur des plantes en phosphate ?

L'humus peut, dans certains cas, déterminer une élévation importante de rendement ; cet effet a lieu lorsqu'on associe l'humus au carbonate de chaux.

Pour le prouver, faisons quatre nouvelles expériences. Instituons en premier lieu une culture dans le sable calciné, le sol étant pourvu de matière azotée et de tous les minéraux qu'il faut employer dans ces conditions, à l'exception du carbonate de chaux. Si l'on sème vingt-deux grains, on récoltera de 20 à 22 grammes de plantes. Ajoutons de l'humus au sable, la récolte ne changera pas. Substitue-t-on le carbonate de chaux à l'humus, pas de changement non plus. Ajoute-t-on à la fois de l'humus et du carbonate de chaux, le rendement s'élève à 31 grammes. Ces données ont pour la

tique une importance fondamentale; qu'il me soit donc permis de les résumer dans ce petit tableau :

	Nature du sol.	Rendement.
1° Engrais complet...	Sable calciné.........	22 gram.
2° —	Sable calciné chaulé...	22
3° —	Sable et humus.......	22
4° —	Sable chaulé et humus.	31

L'excès de rendement obtenu dans ce dernier cas est dû évidemment à l'action combinée de l'humus et du carbonate de chaux. Mais à quel titre l'action favorable de l'humus s'est-elle manifestée? Est-ce à raison de son absorption sous forme d'humus? Non. Son rôle s'est borné à favoriser la dissolution du carbonate de chaux, et, pour le prouver, il suffit de faire une cinquième expérience, dans laquelle on remplace le carbonate de chaux et l'humus par du sulfate de chaux, ou mieux encore par du nitrate de chaux, qui est beaucoup plus soluble, pour voir reparaître le rendement de 31 grammes. Inutile d'ajouter que, lorsqu'on emploie du nitrate de chaux, on a égard à l'azote qu'il contient, et qu'on le fait entrer en ligne de compte dans la somme de la matière azotée.

Ainsi se trouve démontrée par des expériences irrécusables, que les bons effets de l'humus sont dus, dans ce cas, à son action dissolvante sur le calcaire, et que ce qui le prouve, c'est la possibilité d'arriver au même résultat à l'aide d'un sel de chaux plus soluble que le carbonate.

Je vous dirai même que c'est ce qui m'a décidé à introduire de préférence du sulfate de chaux dans la composition de l'engrais complet.

Mais, dira-t-on, ce sont là des expériences de laboratoire, et en matière de culture il est souvent dangereux de s'arrêter à de tels témoignages. Vous me demandez des preuves tirées de la grande culture, je suis heureux de pouvoir vous les fournir.

Sur une lande de Champagne mise en culture pour la première fois avec 80 000 kilogrammes de fumier par hectare, on a obtenu 13 hectolitres de froment, alors qu'avec l'engrais complet le rendement s'est élevé à 33 hectolitres. Sur un hectare de sable siliceux dans le département de l'Aisne, avec 40 000 kilogrammes de fumier, on a obtenu 8 hectolitres de froment; avec l'engrais chimique, 28; la même terre n'ayant reçu aucun engrais a produit 2,56 hectolitres. Enfin, dans le département de la Drôme, sur un coteau rocailleux, défriché tout exprès, la terre sans engrais a rendu 3 hectolitres par hectare; avec 29 000 kilogrammes de fumier, elle a donné 8 hectolitres, et avec l'engrais complet le rendement a été de 30 hectolitres. M. Payen, dans le département de l'Aisne; M. de Matharel, dans le département du Puy-de-Dôme; M. le chevalier Mussa, en Italie, ont obtenu des résultats semblables sur des terres choisies parmi les plus pauvres, où le fumier à haute dose a produit 8 à 10 hectolitres; l'engrais chimique a déterminé des rendements de 25 à 35 hectolitres.

Or, si nous remarquons que, dans ces expériences, où la terre était de qualité très-inférieure, le fumier, qui contient des produits analogues à l'humus, a produit beaucoup moins d'effet que l'engrais complet, il est manifeste qu'on peut se passer d'humus et obtenir sans lui de très-belles récoltes.

Ainsi, messieurs, il nous a suffi d'un petit nombre d'expériences pour définir la fonction de tous les agents de fertilité que le sol doit contenir ou qu'il faut lui fournir par les engrais.

A priori, on pourrait croire que l'analyse chimique, qui a été poussée si loin de nos jours, et dont les méthodes ont acquis tant de délicatesse et tant de profondeur à la fois, doit nous donner les moyens d'apprécier avec certitude la richesse propre d'un sol, et par là nous servir de guide dans le choix des engrais les mieux appropriés à sa nature. Il n'en est rien cependant, et je mets au défi le chimiste le plus habile de dire d'avance quel sera le rendement d'une terre qu'on lui aura soumise et quels engrais il faut lui donner.

Quelques mots suffiront pour vous expliquer pourquoi la chimie est impuissante à nous fournir ces indications; il suffit pour cela de vous rappeler les distinctions que nous avons admises entre les divers éléments dont le sol se compose.

Supposons une terre contenant parmi ses éléments mécaniques à la fois du sable quartzeux et du sable feldspathique. Pour les végétaux, ces deux sables sont équivalents, quoique le premier ne soit que de la silice, tandis que le second est un silicate à base de chaux, de potasse, de soude, contenant en outre des quantités très-faibles, mais fort appréciables cependant, de phosphate de chaux.

Voilà deux échantillons dont la composition, malgré leur similitude extérieure, n'a aucune analogie, et qui cependant s'équivalent au point de vue agricole, parce que le sable feldspathique étant insoluble dans l'eau, son rôle à l'égard de la végétation descend au rang de celui du sable quartzeux, c'est-à-dire d'un élément mécanique; mais pour le chimiste il n'y a pas de corps insolubles : aussi confond-il dans un même total la potasse, la chaux, le phosphate de chaux que le sable feldspathique contient, et qui ne sont d'aucune utilité, avec les produits de même nature que les végétaux peuvent tirer du sol, et que nous avons rangés dans la classe des éléments *assimilables actifs*. Ainsi s'explique l'insuffisance des renseignements que la chimie peut nous fournir.

Nous avons ici même, dans la terre de Vincennes, un exemple frappant des dangers de cette confusion que commet inévitablement la chimie. D'après une analyse que j'ai faite avec le plus grand soin de cette terre, dans les 4 millions de kilogrammes qui représentent à peu près la couche végétale répartie à la surface du sol, il y a :

Acide phosphorique..................	1 797	kilogr.
Potasse............................	2 301	—
Chaux..............................	39 365	—

Ce qui constitue un fond considérable de fertilité. Or, si l'on cultive sur cette terre du blé pendant quatre années de suite, en employant comme engrais une matière azotée, au terme de la quatrième année le rendement n'est plus que de 5 à 6 hectolitres. Le sol accuse donc une grande pénurie de minéraux, et ces quatre récoltes n'ont cependant enlevé à la terre que :

Acide phosphorique....................	85	kilogr.
Potasse..............................	92	—
Chaux................................	40	—

quantités bien éloignées de celles accusées par l'analyse chimique.

Y a-t-il eu erreur dans mon analyse? Non, messieurs : le sol contient bien ce que je viens de rapporter; mais cette indication ne peut nous être d'aucune utilité, parce que, dans le dosage de ces minéraux, on n'a pas distingué ce qui était actif à l'égard des plantes de ce qui était inerte.

Vous trouverez peut-être que c'est là une conclusion très-peu encourageante.

A quoi bon nous être donné tant de peine pour découvrir les agents auxquels les végétaux doivent leur formation, et définir les conditions de leur efficacité, si en dernier lieu nous sommes dans l'impuissance de reconnaître leur présence dans le sol à l'état spécial qui en assure les bons effets.

Heureusement, nous n'en sommes pas là : les notions que la chimie nous refuse, nous avons d'autres moyens de les acquérir, et j'ajoute que ces procédés sont non-seulement à la portée de la pratique, mais encore qu'ils entrent en quelque sorte dans ses travaux journaliers.

Je vous ai dit, dans le dernier entretien, que les végétaux se divisent en deux catégories par rapport aux formes différentes sous lesquelles ils s'assimilent l'azote. Les uns le prennent dans l'air à l'état d'azote élémentaire, tandis que les autres le tirent de préférence du sol à l'état d'ammoniaque et de nitrate.

Vous connaissez la conséquence de cette distinction : les végétaux qui tirent l'azote de l'air prospèrent à souhait dans un sol qui en est dépourvu, s'ils y trouvent les trois minéraux de l'engrais complet : le phosphate de chaux, la potasse et la chaux. Les végétaux qui empruntent l'azote à la terre s'y étiolent au contraire et ne rendent qu'un chétif produit.

Il suit de là qu'à l'aide de deux petits essais de culture, on peut toujours savoir si la terre contient de la matière azotée et des minéraux.

Cultivez, en effet, l'un à côté de l'autre des pois et du froment, ou des pois et de la betterave. Si les pois rendent beaucoup et le froment très-peu, vous pourrez en conclure sans hésiter que la terre, pourvue de minéraux, manque de matière azotée. Le froment réussit-il également? Tenez pour certain que la terre contient à la fois des minéraux et de la matière azotée. Pourriez-vous concevoir un mode d'expérimentation à la fois plus simple et plus concluant pour la pratique?

A Vincennes, dès que la terre ne reçoit pas d'engrais, rien n'y réussit, pas plus les pois que le froment et la betterave, ce qui prouve que la terre est dépourvue tout à la fois d'azote et de minéraux.

Ces indications, quoique fort utiles, ne suffisent pas cependant aux exigences de la pratique pour agir avec sûreté. Elle a besoin de données plus précises à l'égard de la présence ou de l'absence dans le sol de chaque terme de l'engrais complet, c'est-à-dire du phosphate de chaux, de la potasse, de la chaux et de la matière azotée.

Ces nouvelles indications sont aussi faciles à obtenir que les premières, et voici comment :

Supposez qu'on institue sept cultures de la même plante. Ce sera, si vous voulez, la betterave ou le froment. A la première on donne l'engrais complet; à la seconde, le même engrais d'où la matière azotée a été exclue; à la troisième, l'engrais complet privé de phosphate de chaux; à la quatrième, l'engrais complet moins la potasse; à la cinquième, moins la chaux; la sixième, moins tous les minéraux, c'est-à-dire l'engrais réduit à la matière azotée; la septième, n'ayant reçu aucun engrais.

Il est bien manifeste que si, dans l'engrais complet, l'effet propre à chaque terre ne se manifeste que d'autant qu'il est associé aux trois autres, la comparaison des rendements doit indiquer ce que le sol contient et ce qui lui manque.

Dans ce système d'investigation, la culture avec l'engrais complet devient en quelque sorte le terme invariable de comparaison auquel on doit rapporter les rendements des autres parcelles, et, suivant qu'ils s'en rapprochent ou s'en éloignent, on conclut que la terre contient ou ne contient pas l'élément qui a été volontairement exclu de l'engrais.

Pour mettre hors de doute la valeur de ce procédé, je rapporterai les résultats qu'il a donnés dans trois conditions différentes.

Au champ d'expériences de Vincennes, on a obtenu, en 1864, sur le froment, les rendements suivants :

Engrais complet	39	hectolitres de froment.
— sans chaux	37	—
— sans potasse	28	—
— sans phosphate	24	—
— sans matière azotée	13	—
Sans aucun engrais	11	—

La conclusion est évidente. A Vincennes, il faut l'engrais complet; toutefois, ce qui manque surtout au sol, c'est la matière azotée.

Un agriculteur éminent du département de la Somme me fournira mon deuxième exemple, qui porte sur la betterave.

Engrais complet	51 000	kilogr.
— sans chaux	47 000	—
— sans potasse	42 000	—
— sans phosphate	37 000	—
— sans matière azotée	36 000	—
Sans aucun engrais	25 000	—

Vous voyez qu'ici encore la terre manque de matière azotée, et que, pour la mettre au régime de la culture intensive, il faut avoir recours à l'engrais complet. Cette expérience a été faite, au Mesnil-Saint-Nicaise, par les soins de M. Cavallier.

J'emprunterai mon troisième exemple à une culture de canne à sucre instituée à la Guadeloupe par l'honorable M. de Jabrun, ancien délégué de cette colonie.

Engrais complet	57 600	kilogr.
— sans chaux	50 000	—
— sans potasse	35 000	—
— sans phosphate	15 000	—
— sans azote	56 000	—
Sans aucun engrais	3 000	—

Si j'ajoute que la canne prend surtout son azote dans l'air, vous conclurez de ces chiffres que le sol manque essentiellement de potasse et de phosphate de chaux.

Voilà donc deux moyens de connaître la richesse de la terre. Le premier, fondé sur la culture de deux plantes différentes, sans aucun engrais; et le second, sur la culture de la même plante avec cinq engrais différents. Ces deux applications des mêmes principes conduisent à des résultats qui se vérifient et se complètent respectivement.

Je n'ai pas besoin d'ajouter que, pour que ces essais aient toute leur signification, il faut prendre la terre lorsqu'elle a épuisé son dernier engrais.

Vous le voyez, messieurs, après avoir défini tous les agents qui entrent dans la composition des végétaux, nous avons distingué ceux dont la nature offre à la végétation des sources inépuisables, et ceux que notre industrie doit au contraire fournir au sol. Nous avons de plus, à l'aide de nos expériences dans le sable calciné, et avec des produits chimiques seulement, réalisé une échelle théorique de culture dont les rendements progressifs ont été pour nous la manifestation des lois qui règlent la production végétale. A la lumière de cet ensemble de notions, nous sommes arrivés à concevoir et à réaliser des procédés pratiques d'analyses accessibles à tous,

dont le témoignage est d'une certitude à peu près absolue, et au moyen desquels nous pouvons toujours dire ce que la terre contient, ce qui lui manque, et par conséquent déterminer la nature des agents auxquels il faut avoir recours pour la fertiliser.

GEORGES VILLE,
Professeur-administrateur au Muséum d'histoire naturelle.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ACADÉMIE DES SCIENCES ; *M. Claude Bernard élu vice-président pour 1868.* — M. Delaunay, vice-président en 1867, devient de droit président pour 1868. On procède à l'élection du vice-président, qui deviendra président de droit en 1869. Au premier tour de scrutin, M. Claude Bernard est nommé par 41 voix sur 49, contre 3 données à M. de Quatrefages, 1 à M. Decaisne, 1 à M. Dumas, 1 à M. Fremy, 1 à M. Longet et 1 à M. Henri Sainte-Claire Deville.

ACADÉMIE DES SCIENCES ; *M. Dumas élu secrétaire perpétuel.* — L'Académie des sciences a procédé lundi dernier à l'élection d'un secrétaire perpétuel pour les sciences physiques en remplacement de M. Flourens. On sait qu'il avait été question, pour cette place, de trois académiciens, M. Claude Bernard, M. Coste et M. Dumas. M. Claude Bernard a fait acte de non-candidature, et l'a manifesté publiquement en restant au comité secret où devaient se débattre les titres des candidats, et en occupant sa place au bureau à la séance publique, pendant l'élection même. La commission nommée par l'Académie pour dresser la liste de présentation a donc inscrit sur cette liste M. Dumas et M. Coste, par ordre d'ancienneté. M. Dumas a été élu au premier tour de scrutin par 30 voix sur 56 votants, contre 23 suffrages donnés à M. Coste, 2 qui ont persisté à se porter sur M. Claude Bernard, et 1 bulletin blanc.

DANGER DES POÊLES DE FONTE. — Nos lecteurs se souviennent qu'en 1856, M. Velpeau avait présenté à l'Académie des sciences un mémoire de M. le docteur Carret, de Chambéry, qui rattachait une épidémie de fièvre typhoïde, observée dans le lycée de cette ville, à l'emploi de poêles de fonte, et cherchait à expliquer cette influence délétère par l'action de l'oxyde de carbone. Le travail de M. Carret fut l'objet de diverses objections. L'auteur le compléta par des recherches nouvelles qu'il fit également présenter à l'Académie. Le tout fut renvoyé à la commission des arts insalubres : et il n'en avait plus été question depuis. M. Carret prit alors une autre voie. Il adressa au ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, un mémoire plus développé sur le même sujet, qui fut soumis au comité consultatif d'hygiène.

Dès cette époque, M. le général Morin, sans faire d'observation, crut que les expériences de MM. Henri Sainte-Claire Deville et Troost, en 1863, sur la perméabilité du fer porté à une haute température, pouvaient expliquer l'insalubrité des poêles de fonte chauffés à la houille. Il pria donc MM. H. Deville et Troost de faire des expériences sur un appareil de fonte analogue aux poêles des corps de garde et composé d'un cylindre qui communique avec l'extérieur par deux ouvertures : l'une, latérale, permettait l'arrivée de l'air sur la grille; l'autre, placée à la partie supérieure et aboutissant au tuyau de tirage, servait à l'introduction du combustible, qui était reçu sur une grille située au-dessus de l'ouverture latérale.

Le poêle a été successivement porté aux différentes températures entre le rouge sombre et le rouge vif. Il est entouré d'une enveloppe de fonte qui, reposant dans des rainures ménagées en haut et en bas du poêle, forme autour de lui une chambre qui ne communique avec l'air extérieur que par les interstices restés dans les rainures entre l'enveloppe et le cylindre extérieur.

Les résultats auxquels on est arrivé prouvent que les gaz de la combustion traversent, en proportion considérable, les parois d'un poêle de fonte porté au rouge sombre ou au rouge vif.

Ces résultats s'expliquent facilement par la porosité que MM. Deville et Troost ont reconnue dans le fer et qui existe à un degré plus grand encore dans la fonte, à tel point que MM. Deville et Troost n'ont pas encore trouvé de tubes de fonte capables de garder le vide.

Les expériences de M. Graham ont d'ailleurs montré, depuis les expériences de MM. Deville et Troost de 1863, que le fer absorbe au rouge 4,15 fois son volume d'oxyde de carbone quand on l'expose à une atmosphère composée de ce gaz.

L'oxyde de carbone absorbé dans le poêle par la surface intérieure de la paroi de fonte se diffuse à l'extérieur dans l'atmosphère, et l'effet se produit d'une manière continue : de là le malaise que l'on ressent dans les salles chauffées soit à l'aide de poêles de fonte, soit par de l'air chauffé au contact de plaques portées au rouge.

M. le général Morin revient de nouveau sur la question devant l'Académie et demande la nomination d'une commission pour étudier ce sujet, si important au point de vue de l'hygiène, et rédiger un rapport sur le travail de M. Carret, qui est fait dans des conditions de rigueur scientifique extrêmement rares en pareille matière. Ainsi M. Carret a fait monter, dans la même chambre, deux poêles, l'un de fonte, l'autre de tôle de fer. Il commença par faire allumer le poêle de tôle de fer et porta la température de la pièce à 40 degrés. Il put y rester la plus grande partie de la journée sans éprouver d'autre phénomène qu'une transpiration abondante ; l'appétit fut vivement excité ; il dîna très-bien et passa une excellente nuit. L'expérience fut renouvelée plusieurs jours avec les mêmes résultats. M. Carret fit ensuite allumer le poêle de fonte au lieu du poêle de tôle. Cette fois, au bout d'une heure à peine, il éprouva un malaise considérable, des nausées, des faiblesses dans les jambes, etc., et ne put continuer l'expérience plus longtemps. Il dîna mal et passa une mauvaise nuit.

M. H. Sainte-Claire Deville remarque qu'il y a là un danger plus grand qu'on ne l'imagine et auquel il est d'autant plus urgent d'aviser que l'usage des poêles de fonte est très-répandu. L'oxyde de carbone produit des effets toxiques terribles, et il n'est pas certain que l'hydrogène lui-même ne soit pas nuisible dans une certaine mesure. Quant à la perméabilité des poêles de fonte, il a encore eu l'occasion de la constater à sa dernière leçon de la Sorbonne. L'amphithéâtre est chauffé par des poêles de fonte, et ces poêles étaient à peine allumés depuis un quart d'heure que l'appareil d'Ansell, disposé d'avance pour les expériences qui devaient accompagner la leçon, accusait la présence dans l'air des gaz qui avaient traversé les parois du poêle.

M. Boussingault dit que le mémoire de M. Carret existe toujours dans les dossiers de la commission des arts insalubres, et si elle ne s'en est pas encore occupée jusqu'ici, c'est faute d'avoir en main des documents suffisants.

M. Morin déclare que si la commission des arts insalubres veut se saisir de la question, son vœu se trouve rempli, et qu'il n'insiste pas pour la nomination d'une commission spéciale, la première étant très-compétente.

M. Chevreul présente diverses observations dont le sens est qu'il serait nécessaire d'adjoindre à la commission des membres de la section de médecine.

Une commission spéciale est effectivement nommée par le président ; mais, malgré la remarque très-judicieuse de M. Chevreul, nous croyons qu'on n'y a placé que des physiciens et des chimistes. Ils pourront se renseigner, si besoin est, auprès de leurs collègues de la section de médecine, a dit M. le président. Sans doute ; mais cela n'est peut-être pas suffisant. — Il reste d'ailleurs bien entendu que la commission des arts insalubres étant toujours saisie du mémoire de M. Carret, pourra, si elle a le temps de s'en occuper d'ici au dépôt de son rapport annuel qui est assez prochain, lui décerner une récompense.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 9 — 1er FÉVRIER 1868

LE BUDGET DE LA SCIENCE.

I

Une vérité incontestable et, Dieu merci, incontestée, c'est l'impuissance de l'esprit de système à rien édifier de durable dans l'ordre des sciences physiques et naturelles. « C'est par des expériences fines, raisonnées et suivies que l'on force la nature à découvrir son secret. Toutes les autres méthodes n'ont jamais réussi. »

Que le physicien et le chimiste s'éloignent de leurs laboratoires, que le naturaliste délaisse ses collections et les voyages, sur-le-champ ils deviennent incapables de la moindre découverte.

Les conceptions les plus hardies, les spéculations les plus légitimes, ne prennent un corps et une âme que le jour où elles sont consacrées par l'observation et l'expérience. Laboratoires et découvertes sont des termes corrélatifs. Supprimez les laboratoires, les sciences physiques deviendront l'image de la stérilité et de la mort. Elles ne seront plus que des sciences d'enseignement, limitées et impuissantes, et non des sciences de progrès et d'avenir. Rendez-leur les laboratoires, et avec eux reparaîtra la vie, sa fécondité et sa puissance.

Hors de leurs laboratoires, le physicien et le chimiste sont des soldats sans armes sur le champ de bataille.

La déduction de ces principes est évidente : si les conquêtes utiles à l'humanité touchent votre cœur, si vous restez confondu devant les effets surprenants de la télégraphie électrique, du daguerréotype, de l'anesthésie et de tant d'autres découvertes admirables; si vous êtes jaloux de la part que votre pays peut revendiquer dans l'épanouissement de ces merveilles, prenez intérêt, je vous en conjure, à ces demeures sacrées que l'on désigne du nom expressif de *laboratoires*. Demandez qu'on les multiplie et qu'on les orne : ce sont les temples de l'avenir, de la richesse et du bien-être. C'est là que l'humanité grandit, se fortifie et devient meilleure. Elle y apprend à lire dans les œuvres de la nature, œuvres de progrès et d'harmonie universelle, tandis que ses œuvres à elle sont trop souvent celles de la barbarie, du fanatisme et de la destruction.

II

Il est des peuples sur lesquels a passé le souffle salutaire de ces vérités. Depuis trente ans, l'Allemagne s'est couverte de vastes et riches laboratoires, et chaque jour en voit naître de nouveaux. Berlin et Bonn achèvent la construction de deux palais d'une valeur de quatre millions, destinés l'un et l'autre aux études chimiques. Saint-Pétersbourg a consacré trois millions à un Institut physiologique. L'Angleterre, l'Amérique, l'Autriche et la Bavière ont fait les plus généreux sacrifices. Sous le ministère de M. Matteucci, l'Italie a marché un instant dans cette voie.

Et la France ?

La France n'est pas encore à l'œuvre. La vigilance lui a fait défaut. Elle a dormi à l'ombre de ses vieux trophées. Mais elle commence à s'apercevoir qu'il s'agit ici d'un grand intérêt national, et que les lauriers de la science doivent toujours reverdir. L'empereur lui a donné l'exemple. A l'instar de Colbert, il a des espions pour le mérite. Pas une découverte scientifique de ces quinze dernières années qui lui ait été étrangère ; pas une qu'il n'ait non-seulement connue, mais étudiée, récompensée et souvent provoquée.

Cette auguste sollicitude va porter ses fruits. On parle de la préparation d'un *Budget de la science*. Les plaintes des savants sont écoutées ; un ministre ardent au bien les accueille, il en est l'interprète convaincu : le succès ne saurait être douteux (1).

C'est peut-être le moment de faire connaître publiquement nos souffrances et nos misères. Lorsque le malade va guérir, il n'y a aucun péril à lui parler de l'étendue du danger qu'il a couru. Il puise au contraire, dans le récit de ses douleurs, une ardeur et des forces nouvelles.

III

Il y a quelques jours, deux membres de l'Académie des sciences s'entretenaient d'un de nos premiers chimistes présentement retenu dans son lit par une fluxion de poitrine. — Que voulez-vous? répondit l'un d'eux, les laboratoires sont les tombeaux des savants. — Celui qui parlait ainsi est M. Claude Bernard, le physiologiste illustre que l'Europe nous envie, et qui relève à peine et comme par miracle d'une longue maladie dont il a puisé le germe, lui aussi, dans son laboratoire.

Mais quel est donc l'établissement où les laboratoires sont à ce degré malsains, humides, obscurs, mal aérés? C'est le premier établissement d'instruction supérieure de la France,

(1) Le ministre de l'instruction publique, il faut le dire à sa louange, est si bien convaincu de la nécessité de contribuer aujourd'hui aux progrès des sciences dans notre pays, par les laboratoires, qu'il vient de créer à la Sorbonne, sous l'habile direction de M. Jamin, un laboratoire de physique, dont les frais d'installation et d'entretien,—c'est là qu'est la marque de la foi du ministre, — ont été prélevés sur les ressources ordinaires du budget de son ministère.

celui qui porte le nom de la patrie, comme s'il voulait résumer en lui seul toute sa gloire scientifique et littéraire : c'est le *Collége de France* (1) !

Vous jugez de ce que doit y être la demeure des animaux destinés aux expériences physiologiques. M. Claude Bernard disait un jour que souvent il ignorait si ces pauvres bêtes avaient succombé aux épreuves de l'expérimentation ou aux conditions détestables des locaux qui les reçoivent.

La Sorbonne est mieux installée peut-être? Hélas! le dernier laboratoire de chimie que l'on y ait construit est une pièce humide et sombre de plus d'un mètre en contre-bas de la rue Saint-Jacques. Cela s'appelle, ô dérision! le *laboratoire de perfectionnement et des recherches*. Le jeune savant plein de mérite qui y travaille habituellement, et qui est un des professeurs les plus distingués de Paris, souffre d'un asthme. Où en a-t-il pris le germe? Je ne veux pas rendre les laboratoires de Paris responsables de toutes les maladies qui peuvent venir frapper ceux qui les habitent; mais vous estimerez que c'est le cœur serré que des questions comme celle qui précède peuvent être posées, surtout quand des hommes sincères n'hésitent pas à y répondre dans le sens que je laisse apercevoir.

Ai-je besoin d'ajouter que les Facultés de province sont tout aussi déshéritées que celles de Paris? Lyon vient de faire quelques dépenses; mais ce n'est un secret pour personne, dans le monde savant, que la vie de M. Bineau, chimiste d'un grand talent, a été abrégée dans le laboratoire de la Faculté de cette ville, lequel était une véritable cave.

Le recteur de l'Académie de Bordeaux se plaignait naguère amèrement et publiquement de l'état misérable des locaux affectés à la Faculté des sciences de cette riche cité, qui ne possède même pas de laboratoire.

IV

Parmi les établissements qui relèvent du ministère de l'instruction publique, on n'en compterait que deux ou trois dont les laboratoires méritent ce nom. Je citerai l'École normale supérieure. Encore a-t-il fallu l'appui assez direct de l'empereur. Mais aussi, aux heures de travail, et ces heures-là sont toutes les heures du jour, c'est plaisir à voir la vaste salle qui forme aujourd'hui le principal laboratoire de cette École. C'est là que le maître aimé de toute une colonie de travailleurs éminents, M. Henri Sainte-Claire Deville, accomplit ses travaux célèbres, l'honneur de la chimie minérale. C'est là que MM. Debray, Troost, Grandeau, Caron, Hautefeuille, Lechartier, Lamy, Gernez, Mascart, et bien d'autres, ont trouvé l'asile que la pénurie des ressources de la science dans notre pays leur refuse ailleurs.

Quant à la chimie organique, elle attend encore des laboratoires dignes de ses immenses progrès, dignes surtout des trois hommes qui ont marché si brillamment dans les voies ouvertes par leurs maîtres illustres, les Chevreul, les Dumas, les Balard, les Pelouze : j'ai nommé MM. Wurtz, Berthelot et Cahours.

Les laboratoires, disais-je, sont l'image de la vie et de la fécondité. Si vous voulez vous pénétrer de cette vérité, rendez-vous à la Faculté de médecine de Paris. Les grandes découvertes chimiques de M. Wurtz y attirent de tous les pays du monde civilisé de jeunes hommes de talent dont les noms vous diront les nationalités diverses : MM. Beilstein, Boutlerow, Oppenheim, Lieben, Bauher, Lourenço, Crafts, Simpson, Atkison...

J'en pourrais prolonger la liste, et j'ajoute que je ne nomme que ceux dont la science honore déjà quelques productions très-distinguées. La France y est représentée par MM. Friedel, Perrot (de Clermont), Caventou, Wilm, Gautier..., dont les travaux estimés ont déjà maintes fois appelé l'attention de l'Académie des sciences.

V

Oserai-je parler des ressources pécuniaires et matérielles des laboratoires français? Qui voudra me croire quand j'affirmerai qu'il n'y a pas, au budget de l'instruction publique, un denier affecté aux progrès des sciences physiques par les laboratoires; que c'est grâce à une fiction et à une tolérance administrative que les savants, envisagés comme professeurs, peuvent prélever sur le trésor public quelques-unes des dépenses de leurs travaux personnels, au détriment des allocations destinées aux frais de leur enseignement. Aussi combien n'en nommerais-je pas parmi eux qui contribuent de leur patrimoine aux dépenses des recherches par lesquelles ils honorent leur pays! C'est dans un laboratoire construit et entretenu à ses frais que M. Dumas et ses disciples ont accompli leurs immortels travaux. Les laboratoires célèbres de MM. Foucault et Fizeau, celui de notre grand chimiste-agriculteur M. Boussingault, leur appartiennent en propre, avec tous les instruments qu'ils renferment.

N'est-ce pas en ceci qu'il faudrait proclamer que la France doit être assez riche pour payer sa gloire! Il y a des libéralités individuelles qui humilient la nation : celles-là sont du nombre.

Je termine par un autre exemple frappant de la fâcheuse organisation de notre système scientifique : les faits sont notoires et s'appliquent à l'un des membres de l'Académie des sciences. Depuis dix années, ce savant n'a pas eu un seul jour à son service l'aide d'un garçon de laboratoire, de telle sorte qu'il n'a pas touché à un ustensile, qu'il n'a pas sali un verre sans avoir été contraint de le nettoyer ensuite de ses mains. Que l'on imagine le temps matériel qu'il a dû perdre dans ces occupations de domesticité, temps qu'il aurait employé au profit de tous, en enrichissant peut-être la science et l'industrie de nouvelles découvertes! A toutes les demandes qu'il a adressées pour s'affranchir de cet office subalterne, il lui a été répondu, — et c'était vrai, — qu'il n'y avait pas de rubrique au budget qui pût motiver la création, au profit de ses travaux, d'un emploi de garçon de laboratoire.

VI

Le lecteur excusera, je l'espère, ces tristes confidences. Peut-être même y trouvera-t-il quelques motifs d'un orgueil légitime, lorsque bientôt le ministre de l'instruction publique, présentant à l'empereur et au pays le tableau des progrès des sciences dans ces vingt dernières années, pourra faire néanmoins large et belle la part de la France.

Par l'étendue de ce qui a été réalisé, il mesurera ce qui aurait pu s'accomplir avec des ressources mieux appropriées

(1) Quelques changements utiles, mais bien insuffisants, ont été faits récemment aux laboratoires de physiologie et de chimie du Collége de France.

au génie de la nation. Il pourra dire, comme naguère ce savant étranger au moment où il sortait d'un laboratoire de Paris : « J'honorais vos travaux; ils me paraissaient grands. Maintenant que je connais les ressources matérielles dont vous disposiez, je les admire. »

L. PASTEUR,
Membre de l'Académie des sciences.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

COURS DE M. W. A. MILLER
(de la Société royale de Londres).

L'Analyse spectrale et ses applications à l'astronomie (1).

IV

SPECTRES DES ÉTOILES FIXES. — MODE D'OBSERVATION. — ÉTOILES DOUBLES. — ÉTOILES VARIABLES. — ÉTOILE BRILLANTE TEMPORAIRE DANS LA COURONNE. — NÉBULEUSES. — AMAS D'ÉTOILES. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Dans la dernière leçon, je vous ai exposé l'état de nos connaissances relativement au spectre solaire, et j'ai établi quelques-uns des principaux faits que cette étude nous a révélés. Nous avons vu que, dans le spectre solaire, il y avait un grand nombre de raies produites par l'action absorbante d'une atmosphère qui entoure la portion la plus lumineuse du soleil. Nous avons appris à expliquer beaucoup de ces raies, et nous avons trouvé que, dans un grand nombre de cas, elles étaient produites par la présence de corps simples, connus sur la terre, et qui, à l'état gazeux, exercent une action absorbante sur certains rayons solaires. Nous avons appris également que certains corps, tels que l'or, l'argent, le lithium et plusieurs autres, n'existent pas dans le soleil. Mais il y a encore un grand nombre de lignes sur la nature desquelles nous ne connaissons rien. Beaucoup, sans doute, seront expliquées au fur et à mesure que nous avancerons dans l'étude des spectres des corps simples qui existent sur notre globe, car, malgré les efforts qui ont été faits dans ces dernières années, nos connaissances sur les spectres des corps terrestres peuvent être considérées comme étant encore tout à fait dans l'enfance. Nous ne pouvons évidemment pas savoir quels sont tous les corps simples qui existent à la surface de la terre, et nous avons si peu le droit de supposer que nos connaissances sont complètes sur ce point, que, dans ces cinq dernières années, on n'a pas découvert moins de quatre corps simples en faisant simplement usage de la méthode d'analyse spectrale.

L'étude du spectre solaire, difficile comme elle l'est, est considérablement favorisée par certaines circonstances. Peu importe la saison ou la hauteur de l'astre : nous pouvons poursuivre nos recherches toutes les fois que le soleil brille, et de plus faire en sorte d'obtenir une quantité de lumière que l'œil puisse supporter. Il nous est donc possible, par l'action d'une série presque indéfinie de prismes, de disséquer, pour ainsi dire, et d'étaler ce spectre solaire, et de rechercher ainsi, avec une exactitude rigoureuse, la position et les autres éléments qui caractérisent chaque raie qu'il contient.

Je désire aujourd'hui vous parler d'autres sources de lumière qui peuvent être analysées par la même méthode; mais leur étude présente des difficultés d'un caractère qui n'est pas ordinaire. Je me propose de vous expliquer quelques-unes des méthodes qui ont été adoptées pour faire l'examen des spectres des étoiles, et d'énoncer les principaux résultats obtenus ; je terminerai en vous disant quelques mots des résultats remarquables et inattendus que l'on a obtenus en étudiant quelques autres corps, encore plus vagues, qui sont visibles dans le ciel : je veux parler des nébuleuses.

Il est nécessaire que je vous donne quelques notions sur le genre des difficultés avec lesquelles nous avons à lutter dans ces recherches, afin de bien vous faire comprendre comment il se fait que les résultats obtenus, quelque importants qu'ils soient, restent pourtant encore bien imparfaits. La lumière solaire, nous l'avons dit, peut être obtenue en quantité illimitée; mais quand nous examinons les spectres des étoiles, nous avons là seulement affaire à des points lumineux. Il nous faudra donc recueillir cette lumière, et, à cet effet, une large surface de réflexion ou de réfraction nous sera nécessaire ; nous avons besoin, de plus, d'une machine embarrassante pour faire mouvoir le tube, de manière qu'il suive le mouvement de l'étoile qui en apparence change perpétuellement de place dans le ciel. Il faut qu'au moyen de nos lentilles nous amenions les rayons de lumière à converger en un point, et, avec nos meilleurs télescopes, ce point peut être regardé presque comme un point mathématique. Maintenant, si nous essayons d'analyser, au moyen du prisme, un point lumineux comme celui-là, nous le transformerons en une ligne; mais cette ligne sera si ténue, que nous ne pourrons pas y voir les raies que nous cherchons, et qui doivent nous servir à déterminer la nature même de la lumière. Aussi, la première chose que nous aurons à faire après avoir obtenu notre point lumineux, sera de l'élargir de façon à le transformer en une ligne. On peut arriver à ce résultat, comme le faisait Fraunhofer, au moyen d'une lentille *cylindrique*. Je vais essayer de projeter sur l'écran un petit point lumineux que vous pouvez momentanément considérer comme une étoile, et transformer ensuite son image en une ligne lumineuse. (On fait l'expérience au moyen d'une lentille cylindrique.)

Cette expérience peut vous rendre compte des dimensions très-exiguës de la lumière d'une étoile, mais non, malheureusement de sa nature même ; aussi ne pourrai-je pas, dans ce cas, vous montrer les spectres eux-mêmes : j'aurai recours à des photographies de dessins très-fidèles exécutés d'après des observations faites sur les spectres des étoiles. Pour ces observations, que nous avons faites ensemble pendant quelques années, M. Huggins et moi, à l'observatoire de Tulse-Hill, nous nous servions d'un objectif achromatique de huit pouces d'ouverture. Depuis, M. Huggins seul, en étudiant les nébuleuses, a beaucoup augmenté nos connaissances sur ce sujet.

Une fois la ligne lumineuse obtenue, il faut la projeter sur un instrument convenable pour faire les observations, et cette ligne lumineuse doit être entretenue absolument fixe à l'extrémité d'un tube de dix pieds de long, sur une fente qui ne soit pas plus large que la 300[e] partie d'un pouce, c'est-à-dire beaucoup plus fine qu'un cheveu ordinaire. Cette dispo-

---

(1) Voyez tome IV, page 753, 26 octobre 1867, et le présent tome V, page 53, 28 décembre 1867.

sition ne peut évidemment être obtenue qu'au moyen d'un mouvement extrêmement doux, entretenu par le mouvemen d'horlogerie du télescope.

Voici un spectroscope à étoiles sous la forme qu'après plusieurs essais, nous avons trouvé être la plus convenable pour ces observations. MM. Simms ont eu l'obligeance de me prêter ce bel instrument, qui va être envoyé au professeur Cooke, en Amérique. Je suis aussi redevable à M. Browning d'un autre instrument destiné à M. de la Rue; cet instrument, que je mets sous vos yeux, est, à quelques égards, plus avantageux pour le but que je me propose, car on peut facilement voir les différentes parties dont il est composé. L'appareil de MM. Simms est muni de couvercles pour garantir les prismes de la poussière et des autres causes de détérioration. Quand on veut faire une observation, le spectroscope est disposé à l'extrémité du télescope, à la place de l'oculaire grossissant ordinaire, de façon à suivre très-exactement tous ses mouvements. La lentille cylindrique est placée entre l'objectif et la fente, de manière que la lumière, au lieu d'arriver sur la fente sous la forme d'un point lumineux, y arrive sous la forme d'une ligne telle que celle que je vous montrais tout à l'heure, mais seulement beaucoup plus nette que celle qui était projetée sur l'écran. Après que la ligne lumineuse est tombée sur cette fente, elle traverse un appareil tout à fait semblable, en principe, au spectroscope que je vous ai décrit dans la dernière leçon. (Voyez ci-dessus fig. 6, p. 57.)

La lumière de l'étoile est concentrée par l'action de l'objectif du télescope lui-même, exactement à la place occupée par la fente de l'instrument; mais, avant d'arriver à cette fente, elle passe à travers la lentille cylindrique, qui transforme le point lumineux en une ligne lumineuse. Après avoir traversé la fente, la lumière tombe sur un collimateur, c'est-à-dire sur une lentille qui a pour objet de rendre parallèles tous les rayons qui tombent sur elle. Les rayons, une fois rendus parallèles, arrivent ensuite sur une paire de prismes, le premier dispersant la lumière jusqu'à un certain point, et le second la dispersant encore davantage. On obtient ainsi un spectre de l'étoile, l'extrémité la plus réfrangible étant celle qui est la plus déviée de la direction primitive. Le spectre tombe ensuite sur la lentille d'une petite lunette, au moyen de laquelle on peut regarder l'image à la distance convenable. La vis que vous voyez sous le tube nous permet de faire tourner la petite lunette de façon que nous puissions examiner successivement chaque partie du spectre. Dans la lunette sont disposés des fils croisés, de sorte qu'en amenant chacune des raies du spectre de l'étoile l'une après l'autre sur ces fils, au moyen de la vis micrométrique, on puisse exactement mesurer la distance qui existe entre ces raies.

Le but que nous nous proposions dans ces recherches n'était pas seulement de nous assurer qu'il existait des raies dans les spectres des étoiles, car Fraunhofer, Donati, Secchi et d'autres l'avaient annoncé déjà, mais de déterminer quelle était la signification de ces raies, c'est-à-dire de trouver, s'il était possible, les éléments constitutifs des étoiles; et l'on pouvait arriver à ce résultat, au moins d'une manière approchée, en déterminant avec exactitude la position de chacune de ces raies, et en faisant la comparaison avec un dessin où auraient été disposées les raies de certains métaux, ces métaux ayant d'ailleurs été étudiés avec le même instrument dont on s'était servi pour les étoiles. Ce procédé donnait bien un résultat qui était très-précieux pour nous, en nous indiquant quelle probabilité il y avait que certains métaux existassent dans les étoiles, mais il ne nous donnait pas une certitude absolue, relativement à la nature des substances, et il nous a semblé qu'il était possible de parvenir à cette connaissance par un autre mode d'expérimentation. Ce mode consistait à faire réfléchir, dans l'instrument, la lumière produite par une série d'étincelles électriques jaillissant entre les points des différents métaux successivement considérés, en même temps que le spectre de l'étoile. Pour parvenir à ce résultat, nous avions disposé sur notre instrument un appareil capable de produire des étincelles entre deux pointes d'argent ou d'autres métaux. Au moment où l'on ferme le circuit en mettant en communication les extrémités du fil d'une bobine d'induction, un torrent d'étincelles électriques passe entre les deux pointes d'argent. La lumière est réfléchie sur un miroir qui la dirige, à travers une ouverture pratiquée dans la paroi du tube, sur un petit prisme qui agit comme réflecteur et la fait tomber, à travers la fente, sur le spectroscope, au moment même où celle de l'étoile y arrive aussi. Nous pouvons, de cette manière, soumettre différentes étoiles à l'expérience; mais il est évident que, même dans ce cas, quoique nous ayons à notre disposition un instrument puissant, nous sommes limités par l'éclat des étoiles. Nous ne pouvons étudier avec aucune précision les étoiles qui sont au-dessous d'une certaine grandeur, parce que la quantité de lumière qu'elles émettent est trop peu considérable. Je vais essayer de vous montrer les résultats des observations les plus exactes que nous ayons pu faire. Parmi ces étoiles, il y en a particulièrement deux qui présentent un intérêt spécial. L'une est Aldébaran, la brillante étoile rougeâtre du Taureau, et l'autre, α d'Orion, ou Bételgeuse, l'étoile principale d'Orion (fig. 44 et 45). Voici la liste des corps simples dont on a trouvé que les raies coïncidaient avec les raies de l'étoile Aldébaran.

Sodium,	Bismuth,
Fer,	Antimoine,
Magnésium,	Tellure,
Hydrogène,	Mercure.
Calcium,	

Il n'y a pas seulement coïncidence d'une seule raie dans chaque cas (elle pourrait être purement fortuite); mais les principales raies brillantes de chacun des spectres obtenus avec ces différents corps ont des raies noires correspondantes dans le spectre de cette étoile; vous voyez qu'on y retrouve neuf des substances qui nous sont connues sur la terre. Par des moyens semblables, nous nous assurions de l'absence de certains corps; ceux-ci n'offraient pas de raies coïncidant avec celles du spectre de l'étoile. Tels sont l'azote, l'étain, le plomb, le cadmium, le lithium, le cobalt et le baryum. Nous ne nous sommes pas assurés seulement de la présence de certains corps, mais encore de l'absence des autres. Nous n'avons pas déterminé moins de soixante-dix raies dans le spectre de cette étoile, malgré son éclat relativement faible. Les mesures réellement exactes ne sont cependant possibles que pour un certain nombre de raies. Il y a un nombre infiniment plus considérable de raies dans le spectre de l'étoile, et il est possible qu'avec du temps et de l'étude on arrive à déterminer beaucoup d'entre elles.

Ces observations sont extrêmement fatigantes pour l'œil, et exigent des conditions atmosphériques particulières. Une

nuit claire, qui serait très-favorable pour les observations faites seulement avec le télescope, ne serait pas convenable s'il s'agissait de les faire avec le spectroscope. La plus faible vacillation, le plus léger tremblement dans l'état de l'atmosphère suffit pour troubler l'exactitude de l'observation. Vous devez en effet vous rappeler que nous ne pouvons pas nous contenter de coïncidences approximatives ; il nous faut observer des coïncidences absolues entre les raies brillantes des métaux qui existent à la surface de la terre et les raies noires que présente le spectre des étoiles.

Dans α d'Orion, nous avons déterminé quatre-vingts raies, et nous n'y avons trouvé que celles des six métaux suivants :

Sodium,	Calcium,
Fer,	Bismuth,
Magnésium,	Thallium (?).

Plus un très-grand nombre de raies n'offrant pas de coïncidence avec celles des métaux connus à la surface de la terre.

Je vais projeter sur l'écran une image représentant les spectres de ces deux étoiles ; ils seront tous deux visibles en même temps : le supérieur est le spectre de Bételgeuse, et celui qui est placé au-dessous est le spectre d'Aldébaran (fig. 44 et 45).

Au-dessous de chaque figure, vous pouvez voir un grand nombre de raies brillantes ; elles sont produites par les étincelles d'induction qui jaillissaient entre les pointes des différents métaux avec lesquels on expérimentait. Voici par exemple une raie marquée Sn : c'est une des raies indiquant l'étain ; mais elle n'a pas de raie correspondante dans l'étoile, quoique nous puissions mesurer à la 5000e partie d'un pouce près, ou la 1800e partie de la longueur du spectre entier, la coïncidence entre deux raies. Voici les trois raies *b* du magnésium, qui ont leurs trois raies correspondantes dans le spectre de cette étoile. Voici encore la double raie D dans le spectre du sodium. C'est une double raie brillante correspondant parfaitement avec deux raies noires dans le spectre de l'étoile. Le sodium est un des corps le plus largement répandus dans les étoiles ; le magnésium et le fer existent aussi dans ces deux étoiles. Les raies, dans cette photographie seulement, s'étendent jusqu'à une certaine distance dans le bleu. Voici la raie *b*, et encore la raie F, qui est sur la limite du vert et du bleu. Notons en passant qu'il n'y a pas de raie correspondante à la raie F dans l'étoile α d'Orion. Il y a une raie très-prononcée qui lui correspond dans Aldébaran, mais non dans Bételgeuse. La raie F est une de celles qui sont dues à l'hydrogène. Je passe maintenant à une autre, près de l'extrémité du rouge. Cette raie, qu'on voit dans le spectre d'Aldébaran, correspond à la raie C de Fraunhofer dans le spectre solaire ; c'est encore là une des raies caractéristiques du spectre de l'hydrogène. Il y a trois raies dans le spectre de l'hydrogène, les raies C, F et G ; mais le point intéressant, c'est qu'aucune de ces raies ne se retrouve dans l'étoile α d'Orion, et qu'il faut en conclure par conséquent que l'hydrogène n'est pas au nombre des corps existant dans cet astre. Il y a encore un grand nombre d'autres raies ; quelques-unes sont susceptibles d'interprétation, mais les autres n'en ont pas encore reçu.

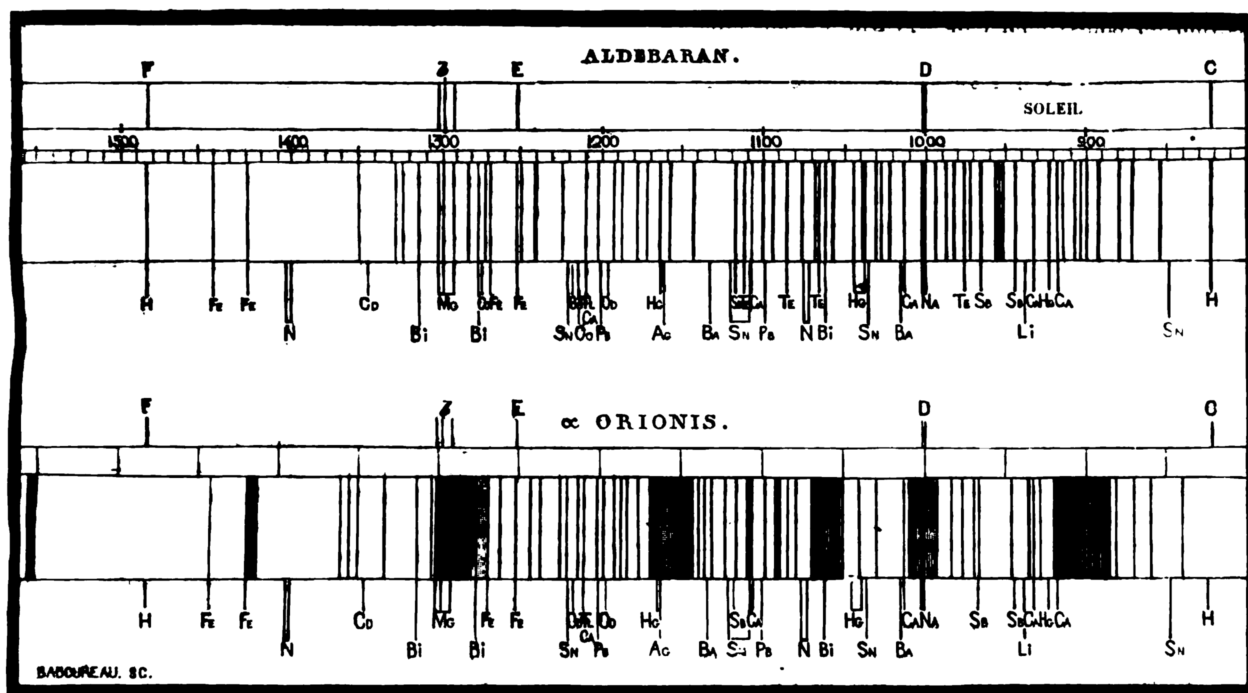


Fig. 44 et 45. — Spectres de l'étoile Aldébaran et de l'étoile Bételgeuse (α d'Orion). — A la partie supérieure se trouvent les raies du spectre solaire pour indiquer la partie du spectre étudié.

Nous ne pouvons, pas plus dans le cas des étoiles que dans celui du soleil, expliquer ce qu'indique chaque raie. Il est très-possible que beaucoup de ces raies soient produites par des corps qui nous sont connus, mais dont nous ne connaissons pas encore les spectres ; dans d'autres cas, il peut très-bien se faire qu'elles soient produites par des corps qui nous sont inconnus, et qui probablement n'existent pas sur notre planète. Parmi les substances qui se trouvent dans l'atmosphère de ces étoiles, il y en a quelques-unes qui existent aussi dans notre soleil ; dans d'autres cas, comme pour le

bismuth, on trouve, dans ces étoiles, des métaux qui fournissent des raies n'existant pas dans l'atmosphère solaire. Dans Aldébaran et dans α d'Orion, il y a des raies correspondant à celles du bismuth. Le tellure paraît être un des corps importants dans l'atmosphère qui entoure Aldébaran. Il y a de plus, dans l'atmosphère de cette étoile, des substances telles que l'antimoine et le mercure, que nous considérons comme des poisons. Voici le spectre du bismuth projeté sur l'écran. Quoiqu'il ne frappe pas autant que celui de quelques autres métaux, néanmoins ses caractères sont suffisamment prononcés pour permettre de reconnaître avec certitude la présence ou l'absence des raies correspondant à ce corps dans une étoile à laquelle on compare son spectre.

On a encore étudié un grand nombre d'autres étoiles ; je ne puis cependant essayer de vous donner une idée détaillée de leur constitution, mais je vous renverrai à une liste qui donne les noms des étoiles les plus importantes que nous avons étudiées plus ou moins complétement. Parmi les plus intéressantes, je vous citerai Sirius, Arcturus, la Chèvre, Wega, Pollux, Castor, β du Cygne, Procyon, α, β et γ d'Andromède, Rigel, l'Épi de la Vierge, α de l'Aigle, le Cœur de Charles, Régulus et d'autres. Le résultat général de ces recherches, c'est que les étoiles sont des corps construits sur le même plan que notre soleil, possédant chacun une constitution différente de celle des corps voisins, mais tous formés, en apparence, d'une matière en partie identique avec celle qui compose notre globe.

Quelques-unes de ces étoiles demanderaient à être connues plus complétement. Ainsi une étoile rouge, β de Pégase, ressemble beaucoup à l'étoile α d'Orion par ses caractères généraux ; mais son éclat est bien moins grand, puisqu'elle n'est que de troisième grandeur. Nous n'avons pas pu, dans ce cas, déterminer plus de vingt raies. On voit bien encore une foule d'autres raies ; mais l'incertitude de l'atmosphère et la difficulté de voir ces lignes avec précision nous ont empêché de fixer exactement la position d'un plus grand nombre. Cette étoile contient du sodium et du magnésium, deux des corps qui se trouvent dans Aldébaran, et probablement aussi du baryum, du fer et du maganèse, bien que nous n'ayons pas pu vérifier toutes les raies principales.

Parlons maintenant des couleurs variables qui se présentent dans les étoiles (1). Tout le monde a remarqué que la teinte des différentes étoiles varie l'une de l'autre. Cette variation paraît être produite, dans un grand nombre de cas, par l'atmosphère extérieure à la photosphère, qui absorbe certaines couleurs contenues dans leur lumière, et par conséquent occasionne des variations dans la teinte. Il est à remarquer que, dans quelques étoiles rouges ou orangées, comme β de Pégase et d'autres, l'hydrogène n'existe pas, tandis que c'est l'élément prédominant dans les étoiles blanches. Dans le spectre de l'étoile importante qu'on a appelée Wega (α de la Lyre), on trouve du sodium, de l'hydrogène et du fer. On pourrait supposer que Sirius, la plus brillante de toutes les étoiles, devrait nous fournir plus de renseignements que toutes les autres; mais il n'en est rien. Je vais projeter son spectre sur l'écran (fig. 46), et vous verrez qu'il est remarquable par l'absence de raies prononcées. La lumière de Sirius est blanche. Il n'y a que trois raies importantes dans son spectre, et elles correspondent exactement, pour la position, avec les raies de l'hydrogène. Sauf ces exceptions, les raies de Sirius sont peu visibles. Je ne veux pas dire qu'il n'y ait pas d'autres corps que l'hydrogène dans cette étoile ; mais leur proportion doit être si petite et leur vapeur si faible, que la blancheur de la lumière n'est pas sensiblement altérée par eux. Voici les raies qui correspondent aux raies F et C; en voici une autre dans le bleu, et en voilà une qu'on retrouve constamment dans toutes les étoiles, la double raie D du sodium. Voici encore la raie du magnésium *b*, et celle enfin que vous voyez là est probablement due au fer.



Fig. 46. — Spectre de l'étoile Sirius.

Sirius, comme je l'ai dit, est une étoile blanche. Il y a des étoiles qui ont une teinte orangée, ou jaune, ou rouge, et il y en a d'autres qui sont bleues, vertes ou pourpres.

L'étude de ces étoiles colorées présente souvent de grandes difficultés, parce qu'en général elles sont peu lumineuses, et que souvent elles se présentent par paires, constituant ce que l'on a appelé des étoiles doubles (1). Il arrive souvent qu'une étoile colorée en orangé brillant est accompagnée d'une étoile verte ou bleue, d'un éclat beaucoup plus faible ; et ces deux astres frères sont souvent si rapprochés qu'il est très-difficile de séparer les spectres des deux étoiles, quoique à l'aide du télescope nous puissions voir les étoiles elles-mêmes assez distinctement. Pour séparer les spectres des deux étoiles, il est nécessaire de disposer les mouvements du télescope de façon que les spectres fassent toujours des angles droits avec la ligne qui joint les deux étoiles, afin de maintenir les deux spectres parallèles et de les empêcher de se recouvrir l'un l'autre et de se mêler ensemble.

Je vais d'abord considérer une étoile colorée en rouge orangé, c'est la plus brillante de toutes les étoiles doubles, celle qui constitue A de l'α d'Hercule : dans le spectre de cette étoile projeté sur l'écran (fig. 47), vous verrez dominer



Fig. 47. — Spectre de l'étoile A de l'étoile double α d'Hercule.

l'orangé et le jaune, tandis que les autres portions de la lumière sont presque annulées par suite de la présence d'une grande quantité de matière qui absorbe les rayons bleus et violets. Remarquez qu'en projetant ces images sur l'écran, nous n'avons pas une représentation parfaitement rigoureuse de la vérité ; en effet, quoiqu'elles soient teintées pour vous donner une idée de la position relative que ces raies occupent dans le spectre, nous ne pouvons pas néanmoins représenter avec exactitude les couleurs que l'étoile même nous présente. Vous verrez qu'il y a, dans la partie rouge du spectre, trois ou quatre groupes de raies bien marquées, mais dans

(1) Sur les *étoiles variables*, voyez dans la *Revue* un travail de M. Faye, tome III, page 617, 18 août 1866 ; — une conférence de M. Balfour Stewart sur le *soleil considéré comme étoile variable*, tome IV, page 817, 23 novembre 1867 ; — et tome III, page 686 et 746.

(1) Sur les *étoiles doubles*, voyez dans la *Revue*, tome III, page 670 et 684 ; — et tome IV, page 817.

l'orangé et le jaune; elles sont comparativement faibles; d'où il suit que cette étoile brille d'une lumière orangée, parce que le vert et le bleu sont absorbés.

Je parlerai encore d'une autre étoile double, β du Cygne, et je projetterai sur l'écran une image de l'étoile orangée, ainsi que de l'étoile bleue qui l'accompagne (fig. 48 et 49). L'étoile orangée est la plus brillante; l'étoile bleue présente au contraire, sur l'écran, un éclat si faible, que c'est à peine si vous pouvez la voir à distance. Vous pouvez vous imaginer, d'après cela, combien il est difficile de voir et plus encore de déterminer la position des raies pour des étoiles aussi peu brillantes que celles-là. Examinons maintenant les spectres des deux étoiles.

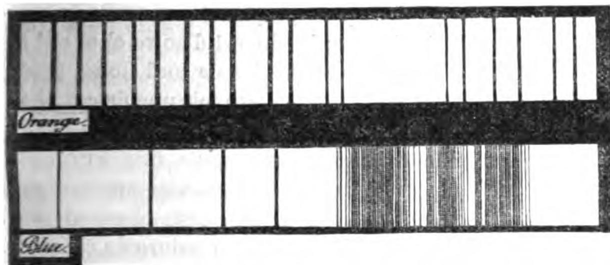


Fig. 48 et 49. — Spectre de l'étoile double α du Cygne.

Celui de l'étoile orangée est caractérisé par un grand nombre de bandes ou raies dans les parties bleue et verte, et par un nombre comparativement petit dans le jaune. Quant au spectre de l'étoile bleue, il nous présente à peine quelques raies dans le bleu, mais un très-grand nombre de raies dans le jaune, dans l'orangé et dans quelques parties du rouge.

Nous venons d'examiner deux classes d'étoiles, les unes qui ont un grand éclat, et les autres dont la couleur est variable; mais il y a, dans les étoiles, d'autres variations sur lesquelles le spectroscope pourra fournir un jour, nous l'espérons, de plus amples renseignements. Quelques-unes des étoiles les plus remarquables ont un éclat variable : parfois elles brillent très-vivement, et d'autres fois leur lumière s'affaiblit tellement, qu'elles deviennent presque invisibles. Un des plus intéressants problèmes dont il faudrait demander la solution à l'étude des corps qui existent dans les étoiles serait de chercher l'explication de cette singulière variation périodique. Quelquefois ces périodes sont à peu près régulières; leur durée est de quelques jours ou de quelques mois, parfois même de quelques années. D'autres fois les variations périodiques de l'étoile sont irrégulières, c'est-à-dire que, quoique l'étoile brille d'une lumière alternativement croissante ou décroissante, elle présente ces phénomènes à intervalles irréguliers.

Une observation semble devoir faire espérer qu'on pourra, dans l'avenir, faire quelques progrès dans cette voie. L'étoile α d'Orion, une des premières dont j'ai projeté le spectre sur l'écran (fig. 45, p. 141), est une étoile variable; pourtant sa variation n'est pas très-considérable, car elle ne varie guère que d'une demi-grandeur. Nos observations nous ont montré que, lorsqu'elle présentait son éclat maximum, elle ne nous a plus donné un certain groupe de raies, que nous avions vues deux ans auparavant, quand elle était beaucoup moins brillante. La position de ces raies avait été déterminée avec le plus grand soin pendant une période de minimum, mais on n'a pas pu les retrouver quand l'étoile avait son maximum d'éclat.

Dans cette classe d'étoiles variables, il y en a pourtant qui sont encore plus remarquables, je veux parler des étoiles temporaires. Une des plus curieuses fut observée le 7 novembre 1572 par Tycho-Brahé. Celui-ci revenait un soir de son observatoire, quand il vit un groupe de gens du peuple occupés à contempler une étoile qu'il aurait certainement aperçue si elle avait été visible une demi-heure auparavant. Son éclat continua à augmenter pendant quelques semaines, puis, pendant une année, il ne fit que s'affaiblir de plus en plus. Cette étoile a été complétement perdue de vue, et personne ne connaît la véritable position qu'elle occupait dans le ciel. En octobre 1604, une étoile aussi brillante apparut dans le Serpentaire : elle rivalisait presque en éclat avec Jupiter; peu de temps après elle pâlit et disparut. En 1848, M. Hind observa dans Ophiuchus une étoile plus petite, de couleur rouge; elle apparut et disparut de la même manière. Nous avons eu dernièrement l'occasion d'observer une de ces étoiles, qui commença par jeter un vif éclat, et disparut au bout de très-peu de temps. Son apparition et sa disparition furent encore plus soudaines que pour toutes les autres; mais, heureusement, au moment où cette occasion se présenta à nous, nous étions prêts à étudier cette lumière au moyen du spectroscope. M. Birmingham (de Tuam) la vit le premier en Irlande, le 12 mai 1866. Il en informa dès le 16 mai mon ami M. Huggins, qui recevait, par le même courrier, de M. Baxendell (de Liverpool) avis de l'apparition d'une nouvelle étoile. Nous ne perdîmes pas de temps : dès le soir même où la nouvelle nous était parvenue, comme la nuit s'annonçait très-belle, nous dirigeâmes le télescope vers l'endroit désigné, et nous pûmes découvrir un très-curieux état de choses. Je projetterai tout à l'heure sur l'écran l'image de cette étoile. Elle brillait d'un vif éclat, dans la Couronne, et M. Birmingham constata qu'elle était de seconde grandeur. Elle occupait la position d'une étoile de neuvième ou dixième grandeur observée par Argelander. Remarquez que le spectre de cette étoile (fig. 50) nous montre, comme d'habitude,

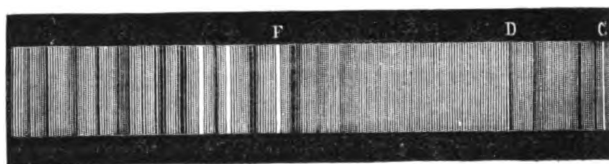


Fig. 50. — Spectre de l'étoile variable T de la Couronne.

un grand nombre de raies noires dans les parties lumineuses colorées; mais en outre vous voyez quelques bandes très-brillantes, quatre raies bien prononcées, et une cinquième beaucoup plus faible dans le bleu. Jamais nous n'avions vu auparavant de pareilles raies, dans nos observations sur le soleil ou sur les étoiles; elles se rattachent évidemment à un état de choses nouveau, et, suivant toutes probabilités, transitoire. Deux de ces raies occupent la position des raies de l'hydrogène; l'une d'elles correspond à la raie C du spectre solaire et l'autre à la raie F. Il y a encore, dans le bleu, deux autres raies brillantes dont nous n'avons pas pu déterminer la nature. Comme il ne s'était écoulé qu'une semaine entre le moment de l'éclat maximum de cette étoile et celui où elle devint de septième ou de huitième grandeur, les occasions de faire des observations et des mesures furent bien peu nombreuses.

Cette étoile nous présente donc trois spectres différents. Nous avons d'abord une photosphère, donnant naissance à un spectre continu ; autour d'elle, l'atmosphère habituelle qu'on trouve dans le soleil et dans les étoiles, c'est-à-dire une atmosphère remplie de vapeurs lumineuses, capables d'absorber une partie de la lumière qui vient de la photosphère; enfin un spectre lumineux, beaucoup plus brillant, de gaz incandescents, comme si cette étoile avait été subitement entourée d'hydrogène enflammé : ce gaz, en se combinant avec certaines substances, dont nous ne connaissons pas la nature, pouvait (et c'est l'hypothèse la plus probable) donner naissance à ces deux brillantes lignes bleues qui sont restées inexpliquées. La manifestation de la lumière pour cette étoile s'est sans doute faite au moment d'une inflammation soudaine et violente de l'hydrogène. Sous cette influence, probablement, la température de toute la masse, et par conséquent son éclat, ont considérablement augmenté; mais la température de la masse elle-même ne devait pas être aussi élevée que celle de l'hydrogène, auquel on doit, suivant toute probabilité, attribuer cette incandescence. Il va sans dire que ce serait chose oiseuse, et parfaitement vaine, de chercher d'où vient cet hydrogène; mais la présence de ce gaz est révélée d'une manière absolument certaine par les observations que nous avons mentionnées. De plus, l'hydrogène doit avoir été dans un état d'incandescence assez vive pour nous permettre de supposer que telle est la cause de l'éclat de l'étoile ; il a dû se passer là quelque chose d'analogue à ce qui arrive quand un fragment de fer est soumis à la flamme extrêmement peu lumineuse du chalumeau à gaz oxy-hydrogène : le noyau de l'étoile donnait une lumière d'un éclat très-vif sous l'influence du gaz hydrogène porté tout à coup à une température très-élevée. Il est évident que cette observation ne pouvait pas être faite sans l'aide du spectroscope, car les observations télescopiques ne pouvaient donner que les variations de couleur et d'éclat : en effet, les instruments les plus grossissantsne nous permettent jamais de voir une étoile autrement que sous forme d'un point lumineux, et jamais d'un disque ; en augmentant la puissance de nos télescopes, nous augmentons seulement l'intensité de la lumière.

Parmi les étoiles variables les plus remarquables se trouve η du navire (Argo), et son spectre semble exiger une étude attentive.

Je passe maintenant à une série de corps tout à fait différents, les *nébuleuses* (1). Disséminés en divers points du ciel, se trouvent, en très-grand nombre, des corps extrêmement curieux, qui ont l'air de taches blanchâtres ou de nuages lumineux. Dans quelques cas, ils affectent la forme de cercles, dans d'autres celle de spirales, et quelquefois ils prennent des figures encore mieux déterminées. Ces masses nébuleuses de lumière ont toujours, depuis leur découverte, excité au plus haut degré l'étonnement et la curiosité de ceux qui les ont étudiées. L'intérêt qu'elles présentent est peut-être encore augmenté par une hypothèse que sir William Herschel a mise en avant sur leur constitution : il disait qu'il ne serait pas impossible que ces nébuleuses fussent les formes primordiales de la matière qui a formé plus tard les étoiles, et les soleils avec les planètes qui en dépendent. Malgré des observations exactes et attentives faites au moyen du télescope, on ne connaissait rien de l'état physique de la matière constituant ces nébuleuses. On ne savait même pas si elles étaient formées par des amas d'étoiles tellement éloignés de nous, qu'on ne pouvait plus distinguer les étoiles séparées, ou bien si chaque nébuleuse était un corps lumineux d'une nature entièrement différente de celle des étoiles. M. Huggins a pu, dans plusieurs cas, montrer que les nébuleuses ne sont pas des étoiles, mais qu'elles sont formées de gaz incandescents; il a même été plus loin, il a pu fournir quelques données sur la nature même de ces gaz.

Je vous prierai de vouloir bien maintenant jeter les yeux sur l'écran, afin d'y voir la photographie des spectres de quelques-unes de ces nébuleuses ; la plupart d'entre elles ont été prises d'après les magnifiques dessins de lord Rosse. Quand M. Huggins examina pour la première fois une de ces nébuleuses avec son spectroscope, il vit apparaître, dans la portion la plus réfrangible du spectre, une seule raie lumineuse qu'une inspection plus approfondie lui montra accompagnée de deux autres d'un éclat plus faible. Cette observation lui permit de déterminer immédiatement la nature de ces corps. La première nébuleuse sur laquelle portèrent ses études était une nébuleuse comparativement brillante, située dans le Dragon (37 H IV). Les nébuleuses sont habituellement désignées par des lettres et des nombres qui donnent leurs positions dans des catalogues dressés par des astronomes distingués. Cette nébuleuse dans le Dragon, au lieu donc de donner un spectre continu, rayé de bandes noires, comme celui des étoiles, fournit seulement trois raies lumineuses, et la plus grande partie de la lumière est concentrée dans une de ces trois raies. En réalité, la lumière de la nébuleuse est tellement faible, qu'il aurait été complétement impossible de la voir, si on l'avait étalée en un spectre continu, et, de fait, mon ami avait peu d'espoir de pouvoir faire des observations exactes à cause de la faiblesse de la lumière ; il fut amplement récompensé de son essai par les résultats qu'il en obtint. Vous remarquez sur l'écran un spectre formé de trois raies seulement. On a beaucoup exagéré leur éclat, afin de les rendre bien visibles pour tout l'auditoire. Sous la figure représentant le spectre de la nébuleuse, on a tracé les raies brillantes qui correspondent le mieux avec ses propres raies. La raie F correspond exactement à la plus faible des trois raies fournies par la nébuleuse. Il est très-difficile, dans des figures de ce genre, de conserver la véritable relation qui existe dans l'éclat des raies les unes par rapport aux autres. On ne trouve pas, dans la portion la moins réfrangible du spectre, de raie correspondante à la raie rouge de l'hydrogène ; mais une observation importante de Plücker, relativement aux gaz raréfiés, peut nous donner un éclaircissement sur ce point. Il a trouvé que la raie rouge disparaissait quand l'hydrogène était raréfié. Par conséquent, l'absence de la raie rouge de l'hydrogène dans la nébuleuse doit indiquer un état de raréfaction extrême pour les matières gazeuses. Le dessin vous offre également trois autres raies qui se présentent également dans le spectre solaire : ce sont les raies correspondant au groupe de raies du magnésium. La raie la plus brillante et la plus réfrangible, dans le spectre de la nébuleuse, correspond à l'une des plus brillantes raies de l'azote. Il est à remarquer pourtant que les autres raies de l'azote font défaut. Cette deuxième raie dans le spectre de la nébuleuse ne correspond à aucune des raies que nous connaissons; la

(1) Sur *les nébuleuses*, voyez dans la *Revue*, tome II, page 394, 13 mai 1865 (conférence de M. Briot) ; — tome III, page 402 et 670 ; tome IV, page 733.

raie dont elle se rapproche le plus est une des raies du baryum. Il ne faudrait pas croire que toutes les nébuleuses sont exactement constituées comme celle-ci. Parmi les soixante corps de ce genre que M. Huggins a étudiés, vingt environ offrent les raies brillantes caractéristiques de matières à l'état gazeux, et toutes ces dernières contiennent la raie brillante correspondant à celle de l'azote ; dans quelques-unes, les autres raies plus faibles sont invisibles. De tels spectres, par conséquent, ne peuvent être produits par un groupe d'étoiles, ni par des substances semblables à celles que nous avons vues jusqu'ici dans le ciel ; ils doivent sans doute être fournis par des masses de gaz incandescents qui émettent de la lumière présentant, d'une manière spéciale, ces trois degrés de réfrangibilité.

Outre ces vraies nébuleuses gazeuses, il y en a un nombre immense d'autres ; mais, dans quelques-unes d'entre elles, la matière lumineuse est distribuée de telle manière qu'elle semble dans le télescope formée d'amas de petites étoiles, ou bien concentrée en points plus brillants que les autres. Si l'on étudie ces amas avec le spectroscope, on trouve qu'ils fournissent un spectre continu, rayé, dans quelques cas, par les mêmes bandes brillantes produites par les nébuleuses qui sont entièrement gazeuses, de telle sorte que les nébuleuses de cette espèce paraissent formées de deux parties : l'une encore gazeuse, l'autre éprouvant une sorte de condensation. On ose à peine faire des hypothèses sur ces matières, dans l'état actuel de nos connaissances. Il est, en effet, bien facile de concevoir des hypothèses et de se tromper ; ou arrive ainsi à se faire une opinion fausse dont il n'est pas aisé de se débarrasser plus tard. La marche vraiment scientifique est d'imaginer, d'après les faits observés, une hypothèse qui puisse nous servir de guide dans nos recherches ultérieures.

Mon ami M. Huggins a mis à ma disposition un grand nombre de ses beaux dessins sur les nébuleuses ; j'en ai choisi seulement un ou deux pour vous les montrer en projection sur l'écran. Voici une nébuleuse qui a une forme remarquable, analogue à celle de la planète Saturne. Toutes ces nébuleuses ont une lumière particulière, d'un vert bleuâtre très-pâle. Vous y voyez les trois mêmes raies. Voici encore (fig. 51) une

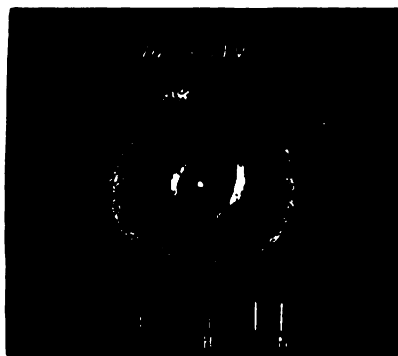


Fig. 51. — Spectre de la nébuleuse 18 H IV.

curieuse nébuleuse en spirale (18 H IV) qui a été observée avec le plus grand soin par lord Rosse. Elle est remarquable par son éclat, quand on la compare à quelques-unes des autres. Outre les trois raies dont nous avons parlé précédemment, nous observons de plus une raie brillante qui est plus réfrangible que les autres. On reconnaît bien nettement la nature gazeuse de la nébuleuse.

Je vais prendre maintenant une nébuleuse qui ne soit pas gazeuse, et qui est visible à l'œil nu, la nébuleuse bien connue qui se trouve dans Andromède. Il y a, dans son noyau, une concentration de lumière qui se répand autour de lui. Cette nébuleuse ne donne pas un spectre à raies brillantes, mais un spectre continu présentant certaines particularités. Ainsi les portions rouge et orangée manquent presque complétement, et le reste a une apparence pommelée, qu'il est bien difficile de représenter sur l'écran. Voici une table qui vous donnera une idée du caractère des nébuleuses étudiées par M. Huggins, et le résultat de ses observations, comparées à celles purement télescopiques de lord Rosse, comme elles ont été données à M. Huggins par lord Oxmantown :

	Spectre continu.	Spectre appartenant à un gaz.
Amas d'étoiles	10	0
Résolues ou paraissant l'être	5	0
Pouvant être résolues, ou paraissant l'être	10	6
Bleues ou vertes, ne pouvant être résolues	0	4
Ne l'étant pas encore	6	5
	31	15
Non observées par lord Rosse	10	4
	41	19

Tels sont les résultats auxquels est arrivé lord Rosse avec son énorme télescope : nous trouvons d'abord dix amas d'étoiles, qui tous fournissent un spectre continu. Aucun d'eux ne paraît, dans le spectroscope, présenter le spectre des gaz, de sorte que les observations du télescope et du spectroscope sont parfaitement correspondantes. La deuxième ligne nous représente une certaine classe de corps qui, quoique n'ayant pas été réellement résolus en étoiles séparées comme les autres, *paraissent* cependant être résolus. Aucun de ces corps ne fournit un spectre de gaz. De l'autre côté, toutes les nébuleuses qui ont une couleur bleue ou verte sont gazeuses ; enfin, dans le groupe de nébuleuses qui ne peuvent pas être résolues, les unes donnent un spectre continu et les autres un spectre de gaz.

J'ai essayé dans ces quelques leçons, bien imparfaitement, il est vrai, mais autant que l'occasion et le temps me l'ont permis, de vous exposer quelques-unes des découvertes qui ont été faites sur le spectre. Plus on poursuit des études de cette nature, plus l'esprit désire acquérir de nouvelles connaissances. Toutes les fois qu'il nous sera possible d'apporter de nouvelles lumières sur la constitution de l'univers, et de suivre, pendant quelques pas de plus, la trace de l'intelligence infinie qui a conçu le monde entier, nous sentirons plus encore que nous sommes forcés de nous servir des nouvelles connaissances qui sont mises à notre disposition, non pour la gloire de l'homme, mais, autant qu'il est possible de le faire, pour la glorification de Celui qui a créé toutes choses avec un mot de sa toute-puissance.

WILLIAM ALLEN MILLER.

FIN DU COURS.

— Traduit de l'anglais par P. DELESTRÉE. —

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE VINCENNES.

ENTRETIENS AGRICOLES PAR M. GEORGES VILLE (1).

IV

Les Engrais chimiques et le fumier.

Messieurs,

S'il est vrai que le phosphate de chaux, la potasse, la chaux, réunis en une matière azotée, soient les agents par excellence de la production végétale, le fumier, qui, jusqu'à présent, a été pour l'agriculteur le seul moyen d'entretenir la fertilité du sol, doit nécessairement les contenir tous quatre.

Voici trois analyses de fumier :

ÉLÉMENTS ORGANIQUES.

	DANS 100 DE FUMIER SEC		
	de la ferme de Vincennes.	de la ferme de Bechelbronn.	de la ferme de Thier-Garten.
Carbone............... / Hydrogène............. / Oxygène..............	59,65	65,50	64,67
Azote.................	2,08	2,00	2,56
ÉLÉMENTS MINÉRAUX.			
Acide phosphorique......	0,88	1,00	1,26
Acide sulfurique........	traces	0,63	0,82
Chlore.................	0,70	0,20	0,32
Alumine, peroxyde de fer.	0,68	2,03	1,51
Chaux.................	5,23	2,83	3,70
Magnésie...............	0,32	1,20	1,88
Soude..................	traces	2,60	0,87
Potasse................	2,46		3,87
Silice soluble..........	1,41	22,13	6,25
Sable..................	25,66		10,77

Vous voyez que les trois justifient cette prévision, car elles accusent toutes dans le fumier la présence de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse et de la chaux.

Vous voyez encore par ce tableau qu'outre les quatre termes de l'engrais complet, le fumier contient du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Après ce que je vous ai dit de l'origine de ces trois corps, je ne vous surprendrai pas si j'ajoute que leur présence dans le fumier n'ajoute rien à ses bons effets.

Même observation à l'égard du chlorure de sodium, de l'alumine, de la magnésie, de la soude, de la silice, de l'oxyde de fer, etc., que le fumier contient, et que nous avons exclus de l'engrais complet, parce que les plus mauvaises terres en sont surabondamment pourvues.

Ainsi donc, premier résultat, le fumier, symbole incontesté de la fertilité, contient les quatre corps qui en règlent, selon nous, l'essor et les seuls dont l'industrie agricole ait à se préoccuper. C'est là une justification incontestable de nos études antérieures. Mais, pour que cette justification soit complète et sans appel, il faut qu'à l'identité de sa composition vienne s'ajouter celle des effets.

A cet égard, la pratique confirme une fois encore nos enseignements; avec notre engrais complet, les rendements l'emportent toujours sur ceux que l'on obtient avec le fumier.

Cette conclusion mérite d'autant plus qu'on y insiste, qu'elle résulte de faits empruntés à la grande culture. Je les dois à des agriculteurs qui cherchent comme vous la vérité, et qui, à ma demande, ont bien voulu instituer quelques expériences comparatives entre les engrais chimiques et le fumier de ferme. Dans toutes ces expériences, l'avantage est resté aux engrais chimiques.

Le premier résultat que je vous signalerai a été obtenu par M. du Peyrat, sous-directeur de la ferme-école de Beysie, dans les Landes. Sur une terre de qualité ordinaire, on a institué trois cultures de betteraves. La première sans aucun engrais, la seconde avec l'engrais complet, et la troisième avec 80000 kilogrammes de fumier.

	Racines par hectare.
Sur la terre sans engrais, le rendement a été de...	8 150 kil.
Avec 80 000 kilogr. de fumier, il a atteint.......	49 200
Avec l'engrais complet, il s'est élevé à..........	53 000

L'engrais chimique, employé à la dose de 1700 kilogrammes, s'est donc montré supérieur à une fumure de 80 000 kilogrammes de fumier de ferme.

Chez M. le marquis de Virieu, dans l'Isère, même résultat. Avec 40 800 kilogrammes de fumier de ferme, le rendement a été de 46 000 kilogrammes. Avec 1450 kilogrammes d'engrais chimique, on a obtenu 50 000 kilogrammes.

Chez M. Leroy, à Varesnes (Oise), avec 1400 kilogrammes d'engrais chimique, le rendement a été de 62 370 kilogrammes. Avec 50 000 kilogrammes de fumier de ferme additionnés de 300 kilogrammes de guano, il ne s'est élevé qu'à 40 000 kilogrammes.

A la Guadeloupe, sur l'une des plus mauvaises terres de la colonie : Le fumier a produit 32 000 kilogrammes de cannes effeuillées par hectare; l'engrais chimique, 56 000; et la terre sans engrais, 3000.

Voilà des faits significatifs. Je l'ai dit, ils émanent de praticiens distingués, animés du désir de marcher en avant, qui abordent ces problèmes sans parti pris, et me prêtent en ce moment le plus précieux des concours.

Chez M. Cavallier, au Mesnil-Saint-Nicaise (Somme), avec 50 000 kilogrammes de fumier, toujours pour une culture de betteraves, le rendement a été de 35 000 kilogrammes. Avec 1950 kilogrammes d'engrais chimique, il s'est élevé à 59 640. Sur le blé et la pomme de terre, mêmes résultats.

Chez MM. Masson et Izarn, à Évreux, l'engrais complet a produit en froment 40 hectolitres par hectare, alors que 30 000 kilogrammes de fumier n'ont rendu que 19 hectolitres.

Chez M. Bravay, dans le département de la Drôme, sur un coteau rocailleux et défriché pour cette expérience, avec l'engrais complet, le produit a été de 30 hectolitres; avec 29 000 kilogrammes de fumier de ferme, de 11 hectolitres; et sur la terre sans aucun engrais, de 23, c'est-à-dire à peine la semence.

Mais, pour le froment, le résultat le plus remarquable est certainement celui qu'a obtenu M. Ponsard, sur une lande de Champagne tout à fait inculte, valant à peine 170 francs l'hectare, et sur laquelle on a obtenu : Avec 1200 kilogrammes d'engrais chimique, 33 hectolitres de blé, et avec 100 mètres cubes de fumier, 13 hectolitres seulement.

En me rendant compte de ces résultats, M. Ponsard m'écrit :

« La terre sur laquelle j'ai opéré est une lande qui n'avait » jamais vu la charrue et qui vaut à peine 170 francs l'hec-

(1) Voyez ci-dessus, pages 75, 100 et 131, numéros des 4, 17 et 25 janvier 1868.

» tare. Le blé s'y est vigoureusement développé avant l'hiver » de 1865, et, dans le cours de la végétation, il a toujours été » supérieur au blé voisin venu sur fumier. Il a dû à cette vi- » gueur une maturité plus hâtive qui m'a permis de le ré- » colter avant les pluies. J'aurais pu le vendre, comme blé de » semence, un très-haut prix, car le grain était d'une qualité » tout à fait supérieure. Au cours du marché, l'hectare aurait » rendu :

CULTURE AVEC L'ENGRAIS CHIMIQUE.

25 quintaux de froment à 32 fr.	800 fr.
Dépense des engrais	320
Excédant du profit	480 fr.

CULTURE SUR FUMIER.

100 mètres cubes de fumier à 7 fr. 50 cent.	750 fr.
10 quintaux de blé à 32 fr.	320
Différence en perte	430 fr.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer que, dans ce résumé, M. Ponsard n'a pas entendu faire un compte de détail, mais mettre simplement en relief le contraste des résultats, contraste d'autant plus significatif, qu'il accuse un écart de 700 à 800 francs, c'est-à-dire quatre fois la valeur du fonds.

La récolte de M. Ponsard est véritablement si étonnante, qu'on n'ose à peine y croire. Il y a donc un véritable intérêt à la raffermir, s'il est possible, par d'autres faits analogues qui lui fassent perdre le caractère d'exception qu'on serait tenté de lui attribuer. — A ce point de vue, je rapporterai donc les deux résultats suivants :

Sur un hectare de terre sablonneuse, de qualité très-inférieure, M. Léon Payen a obtenu cette année, avec l'engrais chimique :

1° 28 hectolitres de grain, à 27 fr., prix annuel.	756 fr.	» c.
2° Paille, 6079 kilogr. à 0 fr. 04 cent.	243	16
3° Menue paille	4	»
Total	1003 fr.	16 c.

40 000 kilogrammes de bon fumier de ferme n'ont produit sur la même terre que :

1° 8 hectolitres de grain	216 fr.	» c.
2° Paille, 1696 kilogr. à 0 fr. 04 cent.	67	84
3° Menue paille	1	50
Total	285 fr.	34 c.

Quant au produit du même sol sans engrais, il n'a fourni que 2 hectolitres 56 litres.

Faut-il fortifier le témoignage de M. Payen ?

L'honorable M. de Matharel, inspecteur général des finances, m'en donne les moyens. A la date du 26 juillet, il m'écrivait que, sur une terre n'ayant jamais produit que du seigle, il avait obtenu cette année 26 hectolitres de froment.

Rapprochons ces quatre résultats :

CULTURE DE FROMENT. — RENDEMENT A L'HECTARE.

	M. Ponsard (Champagne). Hectol.	M. Bravay (Drôme). Hectol.	M. Payen (Aisne). Hectol.	M. de Matharel (Puy-de-Dôme). Hectol.
Engrais chimique	33	30,00	28,00	26
Fumier	13	10,80	8,00	»
Sans aucun engrais	»	2,80	2,56	»

Ainsi voilà quatre résultats obtenus sur quatre points différents de la France, toujours sur des terres détestables, dont les rendements se confondent, tant leur expression est rapprochée.

Les résultats qu'on a obtenus sur la pomme de terre ne sont pas moins significatifs. Chez M. le marquis d'Havrincourt, l'engrais complet a produit 16 000 kilogrammes de tubercules par hectare ; et, avec 33 000 kilogrammes de fumier, on n'a obtenu que 8000 kilogrammes. Moi-même j'ai dépassé, à Vincennes, des rendements de 25 à 30 000 kilogrammes.

Vous savez, messieurs, que la pratique est unanime pour attester qu'avec le fumier il y a un avantage réel à varier les cultures. On obtient ainsi des rendements meilleurs qu'en cultivant toujours la même plante. Avec les engrais chimiques, l'alternance des cultures offre-t-elle les mêmes avantages ? — Nous pouvons répondre sans hésiter : oui.

Dans ces nouvelles conditions, les engrais chimiques conservent leur supériorité. Le froment succédant aux pois a produit 46 hectolitres; après la betterave, 35; après le froment, 33. Les engrais chimiques, à l'intensité près, agissent de tout point comme le fumier. Il en résulte une preuve nouvelle que, malgré leur dissemblance, les engrais chimiques et le fumier doivent leurs bons effets à la même cause, et que, malgré leur dissemblance, ils empruntent leur commune efficacité aux mêmes agents.

Nous arrivons à un ordre de considérations plus importantes, s'il est possible, que les précédentes.

La source du profit, en agriculture, dépend surtout de l'abondance du fumier, et malheureusement, lorsqu'on produit soi-même son fumier, on n'est pas maître de fumer comme on veut. La quantité de fumier dont on dispose dans une exploitation rurale résulte de son organisation, du nombre des animaux qu'on y élève ou qu'on y entretient, par conséquent de la surface affectée à la prairie, et, finalement, du capital roulant que l'on possède. Pour changer l'assiette d'une culture, il faut beaucoup de temps, de discernement et de prudence; car tout se tient dans un domaine où l'on fait marcher de front la production des céréales et du fumier.

Avec l'engrais chimique, au contraire, la culture acquiert une liberté d'action à peu près absolue, on règle à volonté la dose de ses engrais. L'initiative n'a de limite que dans le capital. Au moyen des engrais chimiques, on peut, en quelque sorte, de la veille au lendemain, faire passer une culture précaire au régime le plus intensif, et, par conséquent, obtenir, au lieu d'un profit médiocre, un bénéfice élevé.

Vous l'avez compris, messieurs, c'est là le nœud de la question agricole dans l'avenir ; j'y insiste donc en reprenant les choses à leur origine.

Je dis qu'en agriculture, le profit tient surtout à la dose des engrais qu'on donne à la terre. Avec peu d'engrais, la récolte est faible et le profit nul, si tant est que l'opération ne se solde pas en perte. Avec des fumures abondantes, les rendements sont élevés et le profit sûr, car l'excédant de dépense n'est que la moitié ou le tiers du prix de l'excédant de récolte.

Pour rendre cette vérité plus sensible, il me suffira de vous rappeler que l'agriculture entraîne deux natures de dépenses. Dépenses fixes qui sont toujours les mêmes, que vous cultiviez bien ou que vous cultiviez mal : tels sont l'impôt, la rente que le fermier paye à son propriétaire, le transport, le battage des récoltes, et enfin la fumure.

Or, je prétends que l'agriculture qui fume peu est toujours en perte, tandis que celle qui fume beaucoup est toujours en

bénéfice. Comment en serait-il autrement? L'engrais est la matière première de la récolte.

Mais ce sont là des questions trop graves pour s'en tenir à de simples énoncés. Analysons les faits. Décomposons les comptes du produit et de la dépense, pour fixer définitivement nos idées sur ce point.

Afin de donner plus de généralité à nos combinaisons, je prendrai comme point de départ le rendement de 14 hectolitres, qui est le rendement moyen en France. D'après M. Mathieu de Dombasle, le minimum de la dépense pour un tel rendement est de 394 francs par hectare, que le prix de la paille réduit à 244, ainsi qu'il résulte de ce décompte :

FRAIS FIXES.

Loyer	45	186 fr.
Frais généraux	52	
Travaux de culture	43	
Semence	46	

FRAIS VARIABLES.

Fumure	74	108 fr.
Récolte, battage, etc.	34	
Dépense totale		294 fr.
D'où il faut déduire pour la paille		50
Reste		244 fr.

pour 14 hectolitres, ce qui fait ressortir le prix de l'hectolitre à 17 fr. 42 c.

Supposez que, sans rien changer au régime de la ferme de Roville, sans réduire le nombre des animaux, sans modifier le rapport existant entre les diverses cultures, ni le mode d'exploitation, on eût brusquement augmenté par un apport d'engrais chimiques la dépense de la fumure de 100 francs par hectare, ce qui l'aurait portée de 74 à 174 francs, tous les autres frais restant les mêmes. Quelle en eût été la conséquence? — Le rendement aurait été de 14 hectolitres à 31. — Je dis 31, je pourrais dire 35 ou 40, mais j'aime mieux prendre un minimum; et de 17 francs, le prix de revient de l'hectolitre de blé serait descendu à 10 fr. 05 c.

Reprenons en effet nos chiffres.

FRAIS FIXES.

Comme précédemment		186 fr.

FRAIS VARIABLES.

Dont fumure	174	234 fr.
Récolte et battage, etc.	60	
Dépense totale		420 fr.
D'où il faut déduire pour la paille		95
Reste		325 fr.

pour 31 hectolitres; ce qui fait bien ressortir le prix coûtant de l'hectolitre à 10 fr. 05 c. au lieu de 17 francs, prix auquel il revenait lorsqu'on n'employait que du fumier, et que la dépense, au lieu de 174 francs, n'était que de 74.

Je vous ai dit que la supériorité de la culture intensive tenait à cette circonstance que le surcroît des frais résultant d'une fumure plus forte était toujours inférieur à la valeur de l'excédant de la récolte.

Dans le premier cas, en effet, où le rendement était de 14 hectolitres et le prix de revient de 17 francs, si l'on fixe le prix de vente à 20 francs, la récolte représente une valeur de 280 francs, et le bénéfice par hectare est de 36.

Dans le second cas, moyennant un surcroît de dépense de 100 francs, que l'excédant de paille réduit à 83 francs, la récolte vaut 620 francs, et le bénéfice monte à 295 francs au lieu de 36.

Une autre conséquence résulte de ces données trop peu connues, c'est qu'il vaut mieux cultiver peu et bien fumer, qu'éparpiller ses efforts et ses ressources sur des surfaces étendues que l'on fume avec parcimonie.

Supposons, en effet, un agriculteur disposant de 30 000 francs. S'il procède comme on le faisait à l'Institut de Roville, où l'on dépensait 300 francs par hectare, il pourra cultiver 100 hectares. Quel sera le résultat?

Paille à 50 fr. par hectare	5000 fr.
Grain, 14 hectolitres par hectare. Soit 1400 hectolitres à 20 fr. l'un	28 000
Total	33 000 fr.

33 000 francs de produit contre 30 000 francs de dépense : bénéfice 3000 fr.

Avec le même capital, si l'on applique le système des fortes fumures, on ne pourrait cultiver que 72 hectares, au lieu de 100, mais ces 72 hectares produiraient 51 336 francs au lieu de 33 000.

En effet :

Paille à 93 fr. par hectare	6696 fr.
2232 hectolitres de grain, à raison de 31 hectolitres par hectare, vendus à 20 fr. l'un	44 640
Total	51 336 fr.

Ce qui porte le bénéfice de 3000 à 21 000 francs.

Remarquez-le, messieurs, il ne s'agit pas là d'innovations hasardées ou de procédés révolutionnaires, mais d'améliorations dues à la science, et dont la pratique commence à reconnaître les bons effets et la valeur.

Je soutiens qu'on peut faire du blé à 10 ou 12 francs l'hectolitre, et je le prouve. Si c'est là une révolution, c'est du moins une révolution dont personne ne peut contester les bienfaits, et qui s'accomplira, quoi qu'on fasse, parce que la vérité finit toujours par triompher des résistances et des partis pris de la routine.

Après avoir mis dans tout son jour le résultat le plus immédiat que l'on peut atteindre avec l'emploi des engrais chimiques, justifions par des faits l'exactitude de ces indications.

Je prendrai, comme premier exemple, une culture continue de froment.

Dans une période de quatre ans, on a obtenu par hectare, comme rendement moyen, 4905 kilogrammes de paille et 31 hectolitres de grain. — J'insisterai sur ce résultat, parce qu'il me mettra à même de vous signaler quelques dangers contre lesquels je dois vous prémunir par rapport aux matières azotées.

Lorsque, sur la foi de mes études de laboratoire, je commençai des cultures en pleine terre ici, à Vincennes, n'ayant pour me diriger que des vues théoriques que je voulais soumettre au contrôle des faits, je me demandai d'abord quelle serait la durée d'une bonne fumure au moyen des engrais chimiques. La fumure employée fut la suivante :

	Kil. à l'hectare.
Phosphate de chaux	400
Potasse	133
Chaux	300
Sel ammoniac	650

Ce qui représente 170 kilogrammes d'azote.

La terre m'avait été livrée trop tard pour être cultivée en blé d'automne, j'y semai du blé de mars. La végétation fut très-belle ; le blé poussa même avec tant de vigueur, qu'il versa et que la récolte fut compromise. Cependant, tout compte fait, le rendement accusa 31 hectolitres de grain et 4250 kilogrammes de paille.

La deuxième année, le même accident se renouvela par suite d'une végétation encore trop luxuriante. La verse ayant même eut lieu plus tôt, le rendement fut plus affecté, il descendit à 24 hectolitres de grain et 3930 kilogrammes de paille.

La troisième année, au blé de mars on substitua le blé d'automne, et les choses se passèrent tout autrement. Cette fois encore, la végétation fut splendide, mais le blé ne versa pas. Aussi le rendement s'éleva-t-il à 48 hectolitres de grain et 6941 kilogrammes de paille.

Enfin, la quatrième année, on obtint 24 hectolitres de grain et 4500 kilogrammes de paille.

L'ensemble de ces quatre récoltes, représenté par :

Grain, 127 hectolitres ; paille, 19 261 kilogrammes,

donne bien une moyenne de :

Grain, 31 hectolitres ; paille, 4905 kilogrammes.

Quelles conclusions faut-il tirer de cette expérience ? Il y en a deux. La première, c'est qu'il ne faut pas employer, pour le froment, l'azote en une seule fois à la dose de 170 kilogrammes à l'hectare, parce qu'alors les accidents sont presque inévitables. Si l'on échappe à la verse, il est rare d'échapper à la rouille ; et si l'on évite l'un et l'autre, la paille prend tant de développement, que le rendement de grain se trouve encore compromis. Règle générale, il vaut mieux répartir la matière azotée sur les quatre années, alors on peut en élever beaucoup la dose sans inconvénient ; ce qui a pour résultat d'accroître les rendements sans qu'on ait à craindre les accidents dont nous venons de parler.

Je vous proposerai donc les formules suivantes, que je considère comme les meilleures :

PREMIÈRE ANNÉE. — BLÉ.

A L'HECTARE.

	Kil.	Prix.	Dépenses.
Phosphate acide de chaux.	400	64	295 fr. »
Nitrate de potasse........	200	124	
Sulfate d'ammoniaque....	250	100	
Sulfate de chaux........	350	7	

DEUXIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque....	300	120	120 fr. »

TROISIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Phosphate de chaux......	200	32	180 fr. »
Nitrate de potasse........	100	62	
Sulfate d'ammoniaque....	200	80	
Sulfate de chaux........	300	6	

QUATRIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque....	300	120	120 fr. »
Dépense pour quatre ans.....			715 fr. »
Moyenne par an.....			178 fr. 75 c.

Ainsi, en dépensant chaque année 178 francs, comme je vous le disais en parlant des cultures de la ferme de Roville, on obtient, en moyenne, de 30 à 35 hectolitres de froment.

Pour une culture alternative de colza et de froment, je vous conseillerai de préférence :

PREMIÈRE ANNÉE. — COLZA.

A L'HECTARE.

	Kil.	Prix.	Dépenses.
Phosphate de chaux.....	400	64	315 fr. »
Nitrate de potasse.......	120	74	
Sulfate d'ammoniaque....	425	170	
Sulfate de chaux........	325	7	

DEUXIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque....	300	120	
Cendres des pailles et des siliques de colza......			Mémoire
Dépense totale.....			435 fr. »
Dépense par an.....			217 fr. 50 c.

Dans ce cas, on ouvre l'assolement par le colza, qui est une plante sarclée; on approprie ainsi le sol, on le débarrasse des mauvaises herbes. Après la récolte, on brûle sur place les siliques et la paille de colza qu'on enfouit par un labour, afin de réduire au plus bas possible la quantité de potasse et de phosphate de chaux perdue par le sol. On répand enfin le sulfate d'ammoniaque en couverture.

Je passe à un assolement plus complexe, car il embrasse une période de cinq années, et comprend pommes de terre, froment, trèfle, colza, froment. Voici les engrais qu'il faut employer dans ce cas.

PREMIÈRE ANNÉE. — POMMES DE TERRE.

A L'HECTARE.

	Kil.	Prix.	Dépenses.
Phosphate acide de chaux.	400	64	256 fr. »
Nitrate de potasse.......	300	186	
Sulfate de chaux........	300	6	

DEUXIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque....	300	120	120 fr. »

TROISIÈME ANNÉE. — TRÈFLE.

Phosphate acide de chaux.	400	64	196 fr. »
Nitrate de potasse.......	200	124	
Sulfate de chaux........	400	8	

QUATRIÈME ANNÉE. — COLZA.

Sulfate d'ammoniaque....	400	160	160 fr. »

QUATRIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque....	120	300	120 fr. »
Cendres des pailles et des siliques de colza......			Mémoire
Dépense totale.....			852 fr. »
Moyenne par an.....			170 fr. 40 c.

Pour un assolement de quatre ans, comprenant betteraves, blé, trèfle, blé, il faudrait remplacer les engrais précédents par ceux qui suivent :

PREMIÈRE ANNÉE. — BETTERAVES.

A L'HECTARE.

	Kil.	Prix.	Dépenses.
Phosphate acide de chaux.	400	64	334 fr. » c.
Nitrate de potasse.......	200	124	
Nitrate de soude........	400	140	
Sulfate de chaux........	300	6	

DEUXIÈME ANNÉE. — BLÉ.

	A L'HECTARE.		
	Kil.	Prix.	Dépenses.
Sulfate d'ammoniaque....	300	120	120 fr. »

TROISIÈME ANNÉE. — TRÈFLE.

Phosphate acide de chaux.	400	64	196 fr. »
Nitrate de potasse	200	124	
Sulfate de chaux........	400	8	

QUATRIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque....	300	120	120 fr. »
Dépense totale....			770 fr. »
Dépense par an.....			192 fr. 50 c.

Lorsqu'on remplace la pomme de terre par la betterave, à l'ouverture de l'assolement, il faut élever dans une proportion importante la dose de la matière azotée.

Pour montrer à quel point il importe de régler le dosage suivant la nature des plantes, je placerai sous vos yeux les résultats de trois expériences faites par un agriculteur éminent du département de la Somme, M. Cavallier, sur la betterave, avec des quantités progressives de sulfate d'ammoniaque, de façon à passer de 80 kilogrammes d'azote à 120 kilogrammes par hectare, la proportion des autres termes de l'engrais n'ayant pas subi de changement.

Avec 400 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque (azote, 80 kilogrammes), on a obtenu 47 325 kilogrammes de racines par hectare.

Avec 500 kilogrammes (azote, 100 kilogrammes), le rendement s'est élevé à 51 000 kilogrammes.

Avec 650 kilogrammes (azote, 130 kilogrammes), il a atteint 59 640 kilogrammes.

Remarquez, messieurs, cette solidarité entre l'augmentation progressive du rendement et l'augmentation correspondante de la matière azotée. Quel est le résultat financier?

L'engrais sans matière azotée, réduit aux seuls minéraux, c'est-à-dire au phosphate de chaux, à la potasse et à la chaux, avait produit 36 834 kilogrammes de racines par hectare. Or, si l'on prend ce rendement comme point de départ, on trouve que les excédants des récoltes déterminés par l'emploi des sulfates d'ammoniaque donnent, tout compte fait, un bénéfice d'autant plus élevé, que la proportion de cet agent a été plus forte.

Avec 400 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, le bénéfice est de 67 fr. 82 c.

Avec 500 kilogrammes, il s'élève à 108 fr. 20 c.

Avec 650 kilogrammes, il atteint le chiffre de 228 fr. 60 c.

Ces résultats, que j'emprunte, je le répète, à un homme pratique, qui a mis 100 hectares environ au régime des engrais chimiques, montrent deux choses :

1° Qu'il faut à la betterave beaucoup de matière azotée ;

2° Que, jusqu'à 130 kilogrammes d'azote par hectare, le bénéfice est proportionnel à la quantité de sulfate d'ammoniaque employée.

Je passe à un assolement de six ans, comprenant : lin, betteraves, froment, colza, froment, avoine, seigle ou orge.

PREMIÈRE ANNÉE. — LIN.

	A L'HECTARE.		
	Kil.	Prix.	Dépenses.
Phosphate acide de chaux.....	400	64	192 fr.
Nitrate de potasse...........	200	120	
Sulfate de chaux............	400	8	

DEUXIÈME ANNÉE. — BETTERAVES.

Phosphate acide de chaux.......	400	64	332 fr.
Nitrate de potasse.......... ...	200	120	
Nitrate de soude.............	400	140	
Sulfate de chaux............	400	8	

TROISIÈME ANNÉE. — FROMENT.

Sulfate d'ammoniaque...	300	120	80 fr.

QUATRIÈME ANNÉE. — COLZA.

Phosphate acide de chaux.....	400	64	252 fr.
Sulfate d'ammoniaque........	450	180	
Sulfate de chaux...........	400	8	

CINQUIÈME ANNÉE. — FROMENT.

Cendres de paille et des siliques de colza, enterrées par un premier labour..............		Mémoire.	
Sulfate d'ammoniaque........	300	120	120 fr.

SIXIÈME ANNÉE. — AVOINE, ORGE OU SEIGLE.

Sulfate d'ammoniaque........	200	80	80 fr.
Dépense totale.....			1056 fr.
Dépense par an.....			176 fr.

Cette succession de cultures, traitée comme je l'indique, donne toujours de magnifiques récoltes.

Enfin, je terminerai ces indications par les deux engrais que je considère, quant à présent, comme les plus convenables pour la luzerne et pour la vigne.

ENGRAIS POUR LA LUZERNE (POUR UN AN).

	Kil. à l'hectare.
Phosphate de chaux................	400
Nitrate de potasse................	200
Sulfate de chaux..................	300

ENGRAIS POUR LA VIGNE (POUR DEUX ANNÉES).

Phosphate acide de chaux............	400
Nitrate de potasse.................	500
Sulfate de chaux..........	400

Il y a un point sur lequel je ne saurais trop, messieurs, appeler votre attention : c'est la manière d'employer les engrais chimiques.

Répandre inégalement le fumier, pourvu que l'inégalité ne soit pas poussée trop loin, n'a pas grand inconvénient.

Avec les engrais chimiques, au contraire, un épandage irrégulier peut compromettre le succès de la récolte. Il faut donc donner à cette partie du travail un soin tout particulier. L'épandage à la machine satisfait à toutes les conditions. Lorsqu'on ne dispose pas d'une machine, le mieux est de mêler les engrais chimiques avec deux ou trois fois leur volume de terre et de les faire semer à la volée, après le dernier labour et avant le hersage. L'addition de la terre corrige les inconvénients d'une répartition inégale. Ce mode d'épandage entraîne, il est vrai, quelques frais de plus; mais ils sont grandement compensés, car un épandage bien fait donne 2 ou 3 hectolitres de plus, c'est-à-dire 60 francs

de produit pour 2 ou 3 francs de dépense. Ici le soin est une économie bien entendue.

Maintenant, messieurs, se présente une dernière question, traitée avec beaucoup de détail dans mes conférences actuellement publiées, et qui par conséquent ne doit pas nous arrêter longtemps, mais dont il faut cependant que je vous dise quelques mots pour répondre à des préoccupations qui pourraient naître dans vos esprits.

Ne pouvant plus nier la vérité des faits dont je vous entretiens, attendu qu'un grand nombre d'agriculteurs en ont vérifié maintenant l'exactitude, on m'a fait l'objection que voici : « Les engrais chimiques ne sont qu'une ressource précaire; le jour où leur emploi deviendra général, leur prix trop élevé en rendra l'usage impossible. »

Quelques explications sommaires suffiront, je crois, pour faire tomber cette objection.

Prenons, l'un après l'autre, les quatre termes de l'engrais complet, et faisons le bilan des sources que la nature nous offre pour chacun d'eux.

Le phosphate de chaux d'abord. — Il est vrai qu'il y a vingt ans on ne connaissait comme source de phosphate de chaux que les os, et que, si nous en étions réduits là, l'emploi de cet agent ne pourrait se généraliser. Mais actuellement on sait que le phosphate de chaux fait partie de toutes les roches éruptives; que l'on en trouve sur plusieurs points des dépôts d'une richesse inépuisable. Dans l'Estramadure, aux environs de Lograsan, il y a, sur une étendue de plusieurs kilomètres, huit ou dix filons de phosphate de chaux dosant en moyenne 70 à 85 pour 100 de phosphate réel, et dont la puissance est encore inconnue. Au Canada et en Suède, il en est de même. Dans la plupart des marnes on trouve du phosphate de chaux. A la base du terrain crétacé, on en rencontre des dépôts considérables qui sont devenus l'objet d'une exploitation régulière dans les départements des Ardennes et de la Moselle. Ce phosphate de chaux, quoique moins riche que celui de l'Estramadure, contient encore de 16 à 18 pour 100 d'acide phosphorique.

A l'égard des phosphates, il n'y a donc pas d'inquiétude à concevoir : leur prix diminuera plutôt qu'il ne s'élèvera.

La potasse. — Les sources où nous pouvons puiser la potasse sont au nombre de trois :

1° Les roches éruptives, qui constituent des chaînes entières de montagnes, et qui en contiennent 15 pour 100.

2° Les eaux de la mer, d'où l'on peut aujourd'hui l'extraire avec facilité par les admirables procédés de M. Balard, et qui pourraient suffire à tous les besoins de la consommation.

3° Les dépôts découverts en Prusse depuis quatre ou cinq ans, dépôts inépuisables qui ont 60 à 80 mètres d'épaisseur sur une étendue encore indéterminée. Ces dépôts, qui sont liés à des dépôts de sel gemme, autorisent l'espérance de certains géologues, qui pensent que, dans les mêmes conditions géologiques, on ne peut manquer d'en découvrir d'autres, maintenant que l'éveil est donné. Il n'est pas présumable, en effet, que les dépôts de la Prusse soient un fait exceptionnel et isolé. Mais cette découverte ne dût-elle pas se généraliser, que les dépôts de la Prusse suffiraient, pendant plusieurs siècles, à tous les besoins, et après eux on aura comme ressource les chaînes de montagnes et les eaux de la mer.

Les matières azotées. — Ici je conviens que, si nous étions condamnés à n'employer jamais que des composés ammoniacaux et des nitrates, on pourrait soutenir avec une certaine apparence de raison que, dans un temps donné, les sources actuellement connues de ces deux composés seront insuffisantes. Mais à ces sources viendront s'en ajouter de nouvelles. Je citerai, par exemple, la fabrication du coke, qui se fait aujourd'hui à ciel ouvert, et qu'il suffirait d'opérer dans des fours pour en retirer des quantités considérables d'ammoniaque.

Mais toutes ces ressources vinssent-elles à manquer, nous aurions encore l'azote de l'air.

Il y a longtemps que mon attention se porte sur ce point. J'ai dit qu'il y avait des végétaux qui puisaient leur azote dans l'air; que d'autres avaient besoin de le trouver dans la terre. De là, par conséquent, la possibilité de venir au secours des seconds à l'aide des premiers.

Ce procédé est déjà appliqué par la culture. Les fumures en vert ne reposent pas sur d'autres données; il s'agirait donc de les généraliser, et, pour les rendre plus efficaces, de pousser les rendements des plantes qui puisent leur azote dans l'air à leur limite la plus élevée. Je vous citerai comme exemple la luzerne, à laquelle on peut faire fixer de 300 à 400 kilogrammes d'azote par hectare, ce qui suffirait pour entretenir au moins 6 hectares en froment. Ainsi, toutes les autres sources de matière azotée fussent-elles taries, qu'il nous resterait toujours l'azote de l'air, exploité par la végétation elle-même. Mais c'est là une supposition extrême. Lorsque l'humanité se pose nettement un problème, tenez pour certain, messieurs, qu'à un moment donné, ce problème sera résolu.

L'air étant une source d'azote inépuisable, que faut-il faire pour avoir des nitrates et de l'ammoniaque en quantité illimitée? Découvrir un procédé propre à combiner économiquement l'azote de l'air avec l'oxygène pour en faire des nitrates, ou avec l'hydrogène pour en faire de l'ammoniaque. Or, ce procédé est découvert. MM. Sourdeval et Margueritte ont trouvé le moyen de faire à volonté des nitrates ou de l'ammoniaque avec l'azote de l'air. Si l'on n'applique pas ce moyen, c'est parce que, sous le rapport économique, il ne satisfait pas à toutes les conditions d'une production facile. Mais le principe est connu, et un progrès de second ordre peut rendre la solution complète.

En face de pareilles éventualités, est-il possible d'admettre que la matière azotée vienne jamais à manquer?

Concluons en jetant un regard récapitulatif sur ce qui a fait la nature de cet entretien.

Dans nos séances précédentes, nous nous étions appliqué à définir, à l'aide d'expériences plus scientifiques que pratiques, les conditions qui règlent la production des végétaux.

Aujourd'hui, passant dans le domaine de la pratique, nous avons demandé aux traditions d'une expérience cinquante fois séculaire, c'est-à-dire à la composition du fumier, la justification du choix des agents qui sont à nos yeux le symbole de la fertilité. Cette épreuve a conclu en notre faveur : le fumier contient ces agents, et leur doit son efficacité.

A ce témoignage nous avons voulu en ajouter un autre : nous avons demandé à la pratique agricole si les effets obtenus avec les engrais chimiques étaient équivalents à ceux du fumier. L'expérience a répondu qu'ils étaient supérieurs. D'où nous avons tiré la conclusion que les principes qui nous dirigent sont incontestables, et qu'il ne nous reste plus qu'à en généraliser l'application.

GEORGES VILLE,
Professeur-administrateur au Muséum d'histoire naturelle.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

L'éruption du Vésuve (1).

À MONSIEUR LE DIRECTEUR DE LA REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES.

Naples, 20 janvier 1868.

Monsieur,

L'éruption du Vésuve dure encore, mais il semble qu'elle approche de sa fin, car le cône d'éruption se tait, ou mugit faiblement pendant quelques heures, et les fleuves de lave sont lancés plus rares et moins profonds.

Le cône, qui était rouge dans le cours de l'éruption, commence à se couvrir par sublimation des chlorures habituels, et à se noircir. Le sysmographe électrique, qui montrait le sol constamment agité, n'indique plus aujourd'hui que quelques secousses avec un faible frémissement. Les aiguilles de variation de Lamond, qui d'abord exécutaient de grandes oscillations, se montrent calmes pendant quelques heures. On pourrait se demander si ces aiguilles se meuvent à la suite de la seule agitation mécanique du sol qui oscille, ou par l'action de perturbations locales produites sur les trois éléments du magnétisme terrestre.

Les actions mécaniques sont incontestables, mais il ne paraît pas qu'elles doivent exclure les actions magnétiques; car, outre les oscillations verticales et horizontales des aiguilles, il y a des perturbations permanentes qui écartent l'aiguille pendant des journées entières du point de l'échelle où elle restait en repos. J'ai imaginé un appareil spécial pour trancher cette question à l'aide d'une expérience.

Quand la lave cesse de couler pendant plusieurs jours, le cône d'éruption montre une plus grande activité, et le sol est plus inquiet. Aujourd'hui que la lave coule moins abondamment et que le sol est peu agité, il semble que l'éruption est près de finir.

Vous connaissez ma méthode pour les observations de l'électricité atmosphérique (2), même quand vous ne connaîtriez point mon électromètre bifilaire, à l'aide duquel on obtient des valeurs absolues et comparables. Ces appareils ont démontré que les fumées du Vésuve possèdent une forte électricité positive, et que la cendre tombe avec l'électricité négative.

J'ai examiné, depuis ma dernière lettre, beaucoup de fumerolles provenant des nouvelles laves. Les produits aériformes sont d'abord de la vapeur d'eau, qui transporte avec elle le chlorure de sodium, puis l'acide chlorhydrique, et après l'acide sulfureux. Les sublimations n'étaient d'abord que du sel marin, de l'oxyde de cuivre et aussi quelquefois de plomb, et plus tard elles se sont colorées en jaune dans les parties moins chaudes, et les sublimations se sont converties en chlorure de cuivre et en chlorure de plomb. Dans quelques fumerolles j'ai trouvé du sel ammoniac. Le gaz de la fumerolle avec l'oxyde de cuivre est le moins riche en oxygène, qui est réduit à 13 pour 100. Cela m'a fait soupçonner que cet oxygène qu'elles renferment sert à oxyder le cuivre qui est sorti de la lave, soit comme vapeur métallique, soit sous une autre forme.

Les parties métalliques qui ont été recueillies sur les fumerolles peuvent être classées comme il suit :

1° Produits primitifs qui sortent directement de la lave, comme, par exemple, le sel marin.

2° Produits secondaires qui naissent de la réaction des produits primitifs, comme serait, dans le cas présent, le chlorure de cuivre.

3° Produits médiats qui naissent de l'action des précédents sur les éléments qui se trouvent dans l'air, tel que serait, par exemple, le sel ammoniac.

4° Finalement, des produits dérivés qui naissent de l'action des produits précédents sur la matière qui constitue la lave, comme, par exemple, l'acide chlorhydrique des fumerolles, accompagnant les scories contenant des chlorures, au nombre desquelles se trouve le chlorure de fer.

La présente éruption, peut-être parce qu'elle est faible, n'a point encore produit les émanations d'acide carbonique que nous appelons mofettes.

S'il se trouve quelque autre circonstance digne d'être consignée, je vous l'écrirai de nouveau.

J'ai l'honneur, etc.

LUIGI PALMIERI.

(1) Voyez ci-dessus, pages 32 et 120. — A cette dernière page, 2e colonne, ligne 6, *au lieu de* 10 février 1864, *lisez* 10 février 1865.

(2) Voyez deux leçons de M. Palmieri sur ce sujet dans notre tome II (1865), pages 43 et 63.

L'Académie des sciences vient de perdre deux de ses membres, M. Serres, professeur au Muséum d'histoire naturelle, directeur de l'amphithéâtre des hôpitaux, et M. le général Poncelet, ancien professeur à la Faculté des sciences de Paris. Voici un extrait du discours prononcé par M. Charles Dupin, aux obsèques de M. Poncelet :

La guerre contre la Russie commençait, lorsque le lieutenant de génie fut appelé dans les rangs de la Grande Armée... A Krasnoé, Poncelet fut fait prisonnier avec une division trahie par la fortune. Presque entièrement dépouillé de ses vêtements, au milieu d'un hiver qui faisait encore plus de victimes que les combats, il fut transféré et laissé comme captif à Saratoff, sur les bords du Volga...

Seul, sans amis pour le consoler, sans livres pour le distraire, au lieu de s'abandonner au découragement, il se rappela ses premières études polytechniques. Le souvenir des belles théories de Monge sourit à son imagination; il revint aux conceptions de la géométrie supérieure. De nouveaux sentiers s'offrirent à lui; il s'y lança, et, cessant d'être élève, il se sentit maître. Dès ce moment, la France acquit, chose rare en tout temps, un géomètre de plus. Il découvrit ces ingénieuses propriétés projectives des figures continues et celles que lui présentèrent les centres des moyennes harmoniques...

C'est alors que le capitaine Poncelet développa ses moyens ingénieux d'appliquer le calcul des forces vives à l'évaluation du travail des machines, et pour les travaux publics et pour l'industrie en général...

Afin d'appliquer sa théorie, M. Poncelet prit pour exemple un difficile problème, celui des roues verticales employées à transmettre la force de l'eau dans une foule d'usines, recevant par-dessous cette eau qui frappe leurs aubes horizontales, sur lesquelles elle agit jusqu'au moment de son libre échappement. Auparavant, cet échappement s'accomplissait sans que la force motrice fût en entier transmise à la roue, et c'était une perte énorme. M. Poncelet découvrit et démontra quelle forme il fallait donner au contour des aubes pour que rien ne fût perdu; cela doubla presque l'économie de la puissance hydraulique. La France, l'Allemagne, l'Italie, l'Angleterre même, s'empressèrent d'adopter l'ingénieux perfectionnement qui prit le nom populaire de *Roues à la Poncelet*. Il appliqua sa géométrie et ses calculs aux ponts-levis régularisés par des poids variables; ensuite au calcul de la résistance des revêtements et de leur stabilité, sujet important et peu perfectionné depuis les résultats pratiques obtenus par Vauban.

L'Empereur et l'Impératrice ont visité, samedi dernier, les laboratoires de chimie de l'École normale et le nouveau laboratoire de physique de M. Jamin, à la Sorbonne. A l'École normale, M. Henri Sainte-Claire Deville a fait fonctionner sous les yeux de l'Empereur la machine qu'il a imaginée pour étudier le pouvoir calorifique des huiles minérales, et M. Lamy a exécuté diverses expériences sur le thallium. A la Sorbonne, M. Rhumkorff a reproduit lui-même quelques-uns des plus brillants phénomènes que l'on peut obtenir avec sa bobine d'induction. — On dit que cette visite de l'Empereur se rattacherait à des projets, étudiés sur son initiative personnelle, et qui auraient pour but de donner enfin aux laboratoires scientifiques le développement et l'installation matérielle qu'ils réclament impérieusement.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 10 — 8 FÉVRIER 1868

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS

(SESSION DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN).

M. R. CLAUSIUS (1)

(correspondant de l'Institut de France).

Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur (2).

Messieurs,

Quand j'ai eu l'honneur d'être mis au nombre des personnes chargées de vous faire un rapport dans cette séance générale, je n'ai pas cru devoir choisir le résultat d'une recherche quelconque; j'ai préféré traiter un sujet d'une importance capitale et d'un intérêt général. Aussi je vous demanderai la permission de vous donner une analyse très-succincte et aussi claire que possible de ce qu'on appelle le deuxième principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur, celui-ci étant une des deux colonnes sur lesquelles repose la théorie tout entière. Je ne puis évidemment pas avoir l'intention de vous exposer ce principe au point de vue mathématique, ni de vous donner des démonstrations rigoureuses de son exactitude, pas plus que de suivre une à une ses différentes applications; je veux seulement bien mettre en lumière sa signification et la connexion intime qui le lie avec le premier principe de la théorie mécanique de la chaleur, et aussi éclaircir quelquefois par des exemples les conséquences qu'il est possible d'en tirer.

Il y a un peu plus de vingt ans que Mayer (d'Heilbronn) a formulé d'une manière définitive, et que Joule (de Manchester) a prouvé jusqu'à l'évidence, par des recherches expérimentales, un principe qui concerne un sujet sur lequel on trouve déjà des opinions justes, mais moins précises, dans quelques livres écrits avant cette époque. Ce principe est le suivant : Entre le travail mécanique et la chaleur il existe une liaison telle, que l'on peut engendrer de la chaleur en consommant du travail, et réciproquement, produire du travail par consomption de la chaleur, et que la quantité de chaleur qui répond, dans cet acte, à une unité de travail, est la même dans tous les cas. Le principe que l'on appellera *le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail* a été le point de départ d'où s'est développée si rapidement, dans les derniers temps, la théorie mécanique de la chaleur.

Comme adjonction à ce principe, je me permettrai de vous faire tout de suite une remarque qui pourra contribuer à faciliter l'explication de ce qui va suivre.

S'il y a production de travail par consomption de la chaleur, ou production de chaleur par consomption du travail, on peut exprimer ce fait d'une manièrée abrégée, en disant que la chaleur se transforme en travail, et le travail en chaleur. Deux pareilles grandeurs qui peuvent ainsi se transformer l'une dans l'autre, et dont l'une peut servir d'équivalent à l'autre, doivent être naturellement fréquemment rapprochées, et l'occasion s'offrira souvent d'additionner ensemble ou de retrancher l'une de l'autre ces deux grandeurs que nous considérerons comme identiques au point de vue mathématique. Mais il résulte un inconvénient, par cette circonstance que la chaleur et le travail sont mesurés avec des unités différentes. On a choisi, en effet, comme on le sait, le produit de l'unité de poids par l'unité de longueur pour unité de travail, qu'on a appelé kilogrammètre dans les mesures françaises, et l'on a l'habitude de considérer comme unité de chaleur la quantité de chaleur nécessaire pour élever l'unité de poids de l'eau de zéro à 1°. En se servant de ces unités, on ne peut pas dire tout simplement la somme de la chaleur et du travail, mais il faut, pour former cette somme, réduire le travail en unités de chaleur, ou la chaleur en unités de travail. On obtient donc toujours une expression compliquée : ou bien, « la somme de la chaleur et du travail exprimée par une quantité équivalente de chaleur », ou bien, « la somme du travail et de la chaleur exprimée par une quantité équivalente de travail ».

Pour cette raison, j'ai proposé d'introduire à côté du travail une deuxième grandeur qui représente également le travail; cette grandeur ne sera plus évaluée par rapport à l'unité mécanique, mais bien par rapport à l'unité de chaleur. J'ai proposé le mot *œuvre* pour le travail ainsi évalué. La loi qui existait pour le travail subsiste encore ici, c'est-à-dire qu'on peut transformer la chaleur en œuvre et l'œuvre en chaleur, et en même temps on a cette relation simple, que les quantités de chaleur et d'œuvre qui se transforment l'une dans l'autre, et dont l'une peut servir d'équivalent à l'autre, sont exprimées par des nombres égaux. De là résulte

(1) Voyez une conférence de M. Clausius sur la *nature de la chaleur comparée à la lumière et au son*, dans notre tome III, page 121, numéro du 20 janvier 1866.

(2) Sur la théorie mécanique de la chaleur, voyez dans la *Revue* plusieurs leçons de M. A. Cazin, tome IV, pages 112, 149, 433 et 553, et tome II, page 431, numéros des 12 janvier, 2 février, 8 juin, 27 juillet 1867 et 27 mai 1865; — une leçon de M. H. Sainte-Claire Deville sur l'*affinité*, tome IV, page 241, numéro du 16 mars 1867; et une autre sur les *principes généraux de la chimie d'après la thermodynamique* dans le présent tome V, page 81, 11 janvier 1868; — un cours de M. Matteucci, tome III, pages 193, 809 et 830, 17 février, 10 et 17 novembre 1867; — et une leçon de M. Magrini, tome IV, page 773, 2 novembre 1867.

encore qu'on peut former avec la chaleur et l'œuvre des sommes et des différences sans qu'il soit nécessaire pour cela de faire aucune réduction des unités. Nous emploierons toujours, dans la suite, le mot *œuvre* au lieu du mot *travail*, et nous appellerons, par conséquent, le premier principe, *principe de l'équivalence entre la chaleur et l'œuvre*.

Ce principe s'est répandu très-vite dès qu'il a été énoncé et sanctionné par l'expérience, et il arrive souvent qu'il est regardé comme l'unique base de la théorie mécanique de la chaleur par des personnes qui ne se sont occupées de cette théorie que d'une manière superficielle. Ainsi, par exemple, en France, la théorie mécanique de la chaleur est souvent appelée *théorie de l'équivalent mécanique de la chaleur*. Et pourtant il y a encore un deuxième principe qui n'est nullement compris dans le premier, mais qui doit être démontré à part; il est même aussi important que l'autre, puisque les deux principes ensemble constituent les bases fondamentales de la théorie mécanique de la chaleur.

Si ce deuxième principe est moins connu que le premier, et quelquefois même est complétement passé sous silence dans les exposés élémentaires de la théorie mécanique de la chaleur, cela dépend principalement de ce qu'il est beaucoup plus difficile à saisir. En effet, sa démonstration comporte l'exposé de notions toutes nouvelles dans la science, et qui s'y sont même introduites à cette occasion, et l'on a de plus à comparer les unes aux autres des grandeurs que jusqu'ici on n'avait pas considérées comme des grandeurs mathématiques. Je crois pourtant qu'on trouvera le deuxième principe aussi simple et naturel que le premier, aussitôt qu'on aura acquis les connaissances nécessaires.

Je vais maintenant essayer d'expliquer les faits dont il s'agit; de cette manière, le nouveau mode de comparaison se montrera de lui-même absolument nécessaire, et le deuxième principe de la théorie mécanique de la chaleur acquerra une notoriété égale à celle du premier.

Si l'on examine dans quelles circonstances la chaleur peut se transformer en œuvre, et inversement l'œuvre en chaleur, l'exemple suivant est celui qui se présente tout d'abord dans les conditions les plus simples et les plus habituelles. La chaleur qui se trouve dans les corps tend à les faire changer d'état. Elle a pour action de dilater les corps, de faire passer ceux qui sont solides à l'état liquide et gazeux, et, ce que nous pouvons ajouter aussi, de décomposer en leurs éléments les composés chimiques. Dans tous les cas, la chaleur a pour effet de rendre moins solides ou de détruire complétement les liaisons qui existent entre les molécules ou les atomes, et d'éloigner autant que possible les unes des autres ces molécules dont les liaisons sont déjà rompues.

Afin de pouvoir exprimer ce fait d'une manière abrégée, j'ai introduit le mot *disgrégation*, qui accuse jusqu'à quel point cette dissociation et cet écartement des plus petites particules d'un corps sont consommés sous l'influence de la chaleur. En considérant les trois états des corps, la disgrégation sera par conséquent la plus petite dans les corps solides, plus grande dans les corps liquides, et encore plus grande dans les corps gazeux. Dans le dernier cas, elle peut encore augmenter, parce que les molécules s'éloignent davantage les unes des autres, c'est-à-dire que le gaz se dilate. Il en est de même pour la décomposition en ses éléments d'un corps chimique composé, par laquelle, en général, la disgrégation est augmentée.

A l'aide de cette conception, on peut exprimer simplement l'action de la chaleur en disant : *La chaleur tend à augmenter la disgrégation des corps*.

Mais pour augmenter la disgrégation d'un corps, la chaleur devra triompher de deux sortes de résistances. En premier lieu, il faut triompher des forces avec lesquelles les molécules s'attirent mutuellement, afin de détruire leur cohésion en tout ou en partie, et en second lieu, à côté de ces actions moléculaires intérieures, il y en a d'autres extérieures qui viennent s'exercer sur le corps et qu'il faut également vaincre. Quand, par exemple, un corps qui est soumis à une pression extérieure doit se dilater, il est évident qu'il faut triompher de cette pression qui empêche l'augmentation de volume. La chaleur doit donc, en augmentant la disgrégation, effectuer une œuvre intérieure et extérieure pour triompher des forces qui s'opposent à son action. Cette œuvre exige une consommation de chaleur, et par conséquent *l'augmentation de disgrégation occasionne une transformation de chaleur en œuvre*.

Inversement, il faut, pour diminuer la disgrégation, que de l'œuvre (en général de l'œuvre intérieure et de l'œuvre extérieure) soit consommée, puisque ces forces qui, dans le cas précédent, étaient vaincues par la chaleur, triomphent à leur tour de la chaleur dans le cas actuel. De cette façon, de la chaleur sera engendrée, et l'on peut énoncer ce résultat en disant que *la diminution de disgrégation occasionne une transformation d'œuvre en chaleur*.

Pour un motif dont nous verrons la raison plus tard, nous supposerons provisoirement que tous les changements que nous aurons à considérer se passent de telle sorte que les changements inverses pourront avoir lieu précisément dans les mêmes circonstances. Nous appellerons cette espèce de changement, changement *réversible*.

Avec cette restriction, on peut dire que par l'augmentation de disgrégation, il se transforme autant de chaleur en œuvre que par la diminution correspondante de disgrégation il se transforme d'œuvre en chaleur.

On juge, d'après ce que nous venons de dire, qu'entre le changement de disgrégation, d'une part, et la transformation de chaleur en œuvre, ou *vice versâ*, d'autre part, il y a une liaison de causalité qui doit pouvoir être exprimée comme une loi déterminée. Pour donner à cette loi la forme la plus simple possible, nous introduirons encore une expression particulière.

Nous avons déjà appelé *transformation*, ce qui se passe quand de l'œuvre est engendrée par consommation de la chaleur, ou de la chaleur est engendrée par consommation de l'œuvre, puisque nous avons dit que la chaleur se transforme en œuvre ou l'œuvre en chaleur. De même, nous pourrons aussi appeler *transformation*, le changement de disgrégation, c'est-à-dire la transformation de la disposition primitive des petites particules d'un corps en une autre.

Chacune de ces deux sortes de transformations peut avoir lieu de deux manières opposées que l'on peut distinguer par les termes *positif* et *négatif*. Nous considérerons l'augmentation de disgrégation comme positive, et la diminution de disgrégation comme négative. Nous regarderons de plus la transformation d'œuvre en chaleur comme positive, et la transformation de chaleur en œuvre comme négative.

Si nous revenons maintenant aux faits dont nous avons parlé précédemment, nous voyons que par l'augmentation de disgrégation d'un corps (transformation positive), il se produit

en même temps une transformation de chaleur en œuvre (transformation négative), et de même, par la diminution de disgrégation (transformation négative), il se produit une transformation positive d'œuvre en chaleur. De là nous pouvons tirer cette première conclusion que, dans *les deux cas, on a en même temps une transformation positive et une transformation négative.*

Nous avons, en outre, à faire entrer en considération, non-seulement le signe des transformations, mais encore leurs grandeurs. La disgrégation d'un corps peut varier plus ou moins, et de même il peut se transformer plus ou moins de chaleur en œuvre, ou inversement. En tenant compte de ces différences, on peut, si préalablement on a fixé d'une manière précise la manière dont ces transformations doivent être mesurées, représenter chaque transformation en vraie grandeur par une quantité mathématique déterminée que nous appellerons la *valeur d'équivalence* de la transformation.

En considérant ces valeurs d'équivalence, on peut maintenant se demander si elles se déterminent de telle sorte que, dans chaque changement réversible d'un corps, les transformations positive et négative qui ont lieu simultanément soient égales en valeur absolue.

Pour que cette condition puisse être remplie, il faut encore, dans la détermination de la valeur d'équivalence d'une transformation de chaleur en œuvre ou de la transformation inverse, avoir égard à un élément dont jusqu'ici il n'a pas été question. Notre exposé deviendra plus clair, si nous choisissons, par exemple, un gaz parfait, comme le corps par le changement duquel la transformation doit être causée.

Supposons qu'on nous donne une certaine quantité d'un gaz parfait, occupant un volume déterminé. Quand ce gaz se dilate de façon à occuper un autre volume, par exemple, un volume double, il y a un accroissement de disgrégation parfaitement déterminé par la différence qui existe entre le volume initial et le volume final. En même temps, par la dilatation, de la chaleur se transforme en œuvre. D'ailleurs aucune œuvre intérieure ne se produit dans un gaz parfait, puisque les molécules sont déjà tellement distantes les unes des autres, que leurs actions mutuelles peuvent être négligées; nous n'avons, par conséquent, à nous occuper que de l'œuvre extérieure qui se produit sous l'influence de la pression extérieure, et dont il est par suite facile d'évaluer la grandeur. La chaleur consommée par cette œuvre doit être communiquée au gaz par l'extérieur, si la température de ce gaz doit rester constante.

Nous prendrons maintenant ce même exemple du gaz qui se dilate de façon à occuper un volume double de son volume initial, mais sous l'influence d'une température plus élevée. Alors la pression du gaz est plus forte, et cela en même proportion que la température actuelle absolue est plus élevée que la précédente. L'œuvre effectuée et la chaleur consommée pour cette œuvre sont aussi par conséquent plus considérables en même proportion. Il y a ainsi dans ce cas, bien que nous ayons affaire au même accroissement de disgrégation, plus de chaleur transformée en œuvre que dans le premier cas.

Mais les valeurs d'équivalence des transformations de chaleur en œuvre qui ont lieu dans les deux cas doivent être égales entre elles, parce qu'elles doivent être toutes les deux égales en grandeur absolue à la valeur d'équivalence d'un changement de disgrégation qui est le même. De là résulte que la valeur d'équivalence d'une transformation de chaleur en œuvre dépend non-seulement de la quantité de chaleur transformée, mais encore de la température; et l'on doit, pour conserver des valeurs d'équivalence égales dans les deux cas précédents, diviser les quantités de chaleur par les températures absolues qui s'y rapportent.

Ce qui précède nous montre d'une manière complète de quelle manière il faut évaluer les valeurs d'équivalence des transformations de chaleur en œuvre, ou inversement, d'œuvre en chaleur.

Pour exprimer encore en peu de mots à la fois le signe et la grandeur absolue, nous poserons la règle suivante : *Pour former la valeur d'équivalence d'une transformation de chaleur en œuvre, ou inversement, on doit regarder la quantité de chaleur comme positive ou négative, suivant qu'elle provient de l'œuvre ou qu'elle se transforme en œuvre, et la diviser par la température absolue qui s'y rapporte.*

Pour ce qui concerne maintenant la disgrégation par rapport à la valeur d'équivalence, il n'est pas nécessaire d'entrer ici dans les détails circonstanciés montrant comment sa détermination complète peut avoir lieu, mais il suffit dans ce cas d'énoncer un théorème général qui renferme les conditions essentielles de cette détermination, et en même temps le résultat le plus important des recherches qui se rapportent au sujet que nous avons traité jusqu'ici. Ce théorème prendra la forme suivante, si l'on considère la valeur d'équivalence de la transformation de la chaleur en œuvre, ou *vice versâ*, comme déterminée par la règle précédente : *La disgrégation de tout corps peut se déterminer de façon à constituer une grandeur qui ne dépende que de l'état actuel du corps, et non de la manière dont il est arrivé à cet état, et soit de plus assujettie à cette condition que, pour tout changement réversible d'un corps, l'augmentation de disgrégation et la transformation de chaleur en œuvre, ou* vice versâ, *qui ont lieu simultanément, aient des valeurs d'équivalence égales et contraires, c'est-à-dire que leur somme algébrique soit nulle.*

Si l'on considère les deux transformations simultanées qui ont des signes contraires et des valeurs absolues égales, c'est-à-dire qui donnent une somme algébrique nulle, on peut dire qu'elles se *compensent* l'une l'autre, et le théorème précédent s'énonce plus brièvement encore : *Les deux transformations qui s'effectuent dans un changement réciproque quelconque d'un corps se compensent mutuellement.*

Jusqu'ici nous n'avons dirigé notre attention que sur deux modes de transformation; mais il faut que nous considérions encore un troisième mode.

Imaginons qu'on nous donne un corps quelconque dont l'état change, et supposons actuellement que, non-seulement il se produise une seule modification, mais une série de modifications disposées de telle sorte que le corps revienne finalement à son état initial et qu'il parcoure un *cycle fermé.*

Quand le corps se retrouve finalement à son état initial, sa disgrégation finale est aussi égale à sa disgrégation initiale, et l'on peut dire aussi, si l'on considère le cycle fermé en entier, qu'on n'a introduit aucun changement de disgrégation. Néanmoins de la chaleur peut, dans ce cas, s'être transformée en œuvre ou de l'œuvre en chaleur.

Si nous supposons que les modifications du corps qui forment le cycle fermé soient liées avec des changements de volume, de façon que le corps se dilate sous l'influence d'une température et soit comprimé sous l'influence d'une autre,

l'œuvre fournie par la dilatation, dans le cas où cette dilatation se produit à une température plus élevée que la compression, est plus grande que celle qui est consommée par la compression, et il reste ainsi un excès d'œuvre produite pour lequel naturellement une quantité correspondante de chaleur doit être consommée. Si le cycle fermé s'accomplissait d'une manière inverse, de façon que la dilatation ait lieu à une température plus basse que la compression, l'œuvre consommée par la compression serait plus grande que l'œuvre produite par la dilatation, et il resterait un excès d'œuvre consommée, ce qui doit engendrer une quantité correspondante de chaleur.

Il y a donc ainsi, pendant le cycle fermé, en tenant compte du sens dans lequel il s'accomplit, ou une transformation de chaleur en œuvre, ou une transformation d'œuvre en chaleur, et l'on peut se demander maintenant si cette transformation est unique, ou bien si, comme dans l'exemple plus simple considéré précédemment, elle est accompagnée d'une autre transformation qui lui sert de compensation.

Nous prendrons d'abord comme exemple le cas où la dilatation a lieu à une température plus élevée que la compression. Dans le cas de la dilatation, de la chaleur doit être communiquée au corps pour entretenir sa température à sa valeur initiale, par des causes extérieures comme par un corps quelconque étranger que nous nommerons le corps A, et cette quantité de chaleur sera équivalente à la chaleur consommée en œuvre dans la dilatation. Si ensuite, dans le reste du cycle fermé, notre corps variable abaisse sa température, et s'il est comprimé sous l'influence de cette température plus basse, il doit, pour conserver cette basse température dans sa compression, émettre de la chaleur au dehors, et la donner, par exemple, à un corps étranger que nous nommerons le corps B, possédant une température plus basse, et cette chaleur, dans la compression, sera engendrée par l'œuvre.

Cette dernière quantité de chaleur qui se trouve dans la compression engendrée par l'œuvre et donnée au corps B, n'est pas, d'après ce qui précède, tout à fait aussi grande que celle qui est enlevée au corps A par la dilatation et transformée en œuvre. L'excès de la dernière quantité de chaleur sur la première est transformé définitivement en œuvre par le cycle fermé. Quant à l'autre partie de la chaleur enlevée au corps A, c'est-à-dire la partie qui a été d'abord transformée en œuvre, puis ensuite transformée d'œuvre en chaleur, et qui a été donnée au corps B comme telle, on peut dire qu'elle est transportée dans le cycle fermé du corps A à une température plus élevée au corps B, qui est à une température plus basse.

Le résultat final du cycle fermé est le suivant : Une certaine quantité de chaleur est transformée définitivement en œuvre, et une autre quantité de chaleur a passé du corps le plus chaud sur le corps le plus froid.

Si l'on avait pris le cycle fermé en sens inverse, on aurait trouvé, pour résultat final, que de l'œuvre s'est transformée en chaleur, et en même temps qu'une autre quantité de chaleur a passé du corps plus froid sur le corps plus chaud.

On voit ainsi que la transformation de chaleur en œuvre, ou d'œuvre en chaleur, n'est pas le seul et unique effet d'un cycle fermé, mais que cette transformation est accompagnée d'un autre fait, le passage de la chaleur d'un corps plus chaud sur un corps plus froid, ou d'un corps plus froid sur un corps plus chaud ; et cela nous oblige, pour ainsi dire, maintenant à regarder ce transport de chaleur comme la compensation de la transformation sus-mentionnée.

Pour nous servir encore d'une expression qui soit en rapport avec le cas précédemment considéré, nous donnerons également le nom de transformation au passage de la chaleur d'un corps à une certaine température sur un corps à une autre température, puisque nous disons que de la chaleur à une certaine température s'est transformée en chaleur à une autre température. En outre, nous regarderons comme une transformation positive le passage d'une température plus élevée à une température plus basse, et comme une transformation négative le passage d'une température plus basse à une température plus élevée. Aussi pouvons-nous énoncer le résultat pour un cycle fermé, en disant que, dans ce cas comme dans le cas précédent, une transformation positive et une transformation négative se présentent en même temps, c'est-à-dire une transformation négative de la chaleur en œuvre et un transport positif de chaleur de la température la plus élevée à la plus basse, ou une transformation positive de l'œuvre en chaleur et un transport négatif de chaleur de la plus basse à la plus haute température.

Il résulte, de plus, d'une étude plus attentive des faits, que la valeur d'équivalence du transport de chaleur peut se déterminer de telle sorte que les deux transformations qui ont lieu simultanément dans un cycle fermé réversible soient constamment égales en valeur absolue et de signes contraires, c'est-à-dire que leur somme algébrique soit nulle. La valeur d'équivalence ainsi déterminée du passage de la chaleur d'une température à une autre est très-facile à donner, puisque c'est celle que l'on obtiendrait comme valeur totale de cette double transformation dans l'hypothèse où la chaleur se serait transformée en œuvre à une température, et aurait été ensuite engendrée par l'œuvre à l'autre température.

En considérant maintenant d'une manière générale ces trois sortes de transformations, à savoir, le changement de disgrégation, la transformation de chaleur en œuvre ou la transformation inverse, et enfin ce transport de chaleur, nous pourrons énoncer une loi qui se rapporte, non plus seulement à une simple modification dans l'état d'un corps, ou à une série de modifications formant un cycle fermé, mais qui concerne une série quelconque de modifications s'effectuant d'une manière réversible dans un ou plusieurs corps. C'est la loi qui est reconnue comme le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur, et que j'ai eu pour but de vous expliquer par les considérations précédentes. Elle s'énonce de la manière suivante :

Dans tous les cas, quelque compliqués qu'ils soient, où soit un, soit plusieurs corps éprouvent des transformations réversibles quelconques, la somme algébrique de toutes les transformations qui ont eu lieu doit être nulle.

On voit tout de suite qu'il existe une grande analogie entre ce principe et le premier principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur. D'après le premier principe, la chaleur et l'œuvre ont entre elles une relation telle, que la production d'une quantité d'œuvre exige la consommation d'une égale quantité de chaleur, et, de même, la production d'une quantité de chaleur exige la consommation d'une égale quantité d'œuvre. Puis nous réunissons la production et la consommation dans la même notion, en regardant la consommation

comme une production négative. On peut, par conséquent, énoncer la proposition de la manière suivante : *La somme algébrique de la production de chaleur et d'œuvre est, dans tous les cas, rigoureusement nulle*, et, en conservant la même forme, on énoncera le deuxième principe, en disant que *la somme algébrique des transformations est rigoureusement nulle*.

Si donc on appelle le premier principe, *le principe de l'équivalence de la chaleur et de l'œuvre*, on devra naturellement appeler le second, *le principe de l'équivalence des transformations*.

Ce dernier principe peut se représenter mathématiquement par une équation aussi simple que le premier, et ces deux équations sont les deux équations fondamentales dont découlent toutes les autres que peut fournir la théorie mécanique de la chaleur.

Il est facile de voir que, si déjà l'équation qui exprime le premier principe peut donner à elle seule l'explication d'une série nombreuse de conséquences importantes, l'adjonction du deuxième principe augmente encore d'une manière très-notable la fécondité de la théorie. Ce seconde principe, en effet, pris isolément, peut mener à de nouvelles conséquences comme le premier, mais, de plus, il peut encore résulter de la combinaison des deux équations fondamentales, des équations d'une autre forme qu'on pourra mettre à profit pour vérifier de nouvelles conséquences.

En effet, il y a déjà une série de résultats très-importants obtenus par les applications du deuxième principe fondamental. Je vous citerai, par exemple, la détermination du volume des vapeurs saturées, la détermination de la vapeur qui se précipite quand de la vapeur saturée se dilate dans une enveloppe imperméable à la chaleur, et les transformations considérables qu'a introduites la théorie mécanique de la chaleur dans la théorie des machines à vapeur, et même dans celle de toutes les machines thermodynamiques; auxquelles transformations le second principe a contribué au moins autant que le premier. Je pourrais également vous citer encore, dans d'autres parties de la physique, beaucoup de résultats très-importants résultant de ce principe, et leur nombre deviendra indubitablement de plus en plus grand à mesure que ce principe sera appliqué dans des limites plus étendues. Les deux principes fondamentaux sont si fréquemment et si étroitement liés l'un à l'autre dans les recherches exécutées à l'aide de la théorie mécanique de la chaleur, qu'il n'y a que fort peu de ces recherches qui puissent être bien comprises, si l'on ne connaît pas le second principe.

Nous avons dit précédemment que les deux principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur ont une grande analogie entre eux; mais je dois maintenant diriger votre attention sur une différence essentielle qui permet de jeter beaucoup de lumière sur un certain ordre de faits naturels.

Dans les considérations précédentes d'où nous avons tiré le second principe, nous avons toujours établi la convention que toutes les transformations qui ont lieu sont *réversibles*, c'est-à-dire qu'elles s'effectuent de telle sorte que les modifications contraires peuvent arriver dans les mêmes circonstances. Nous devons maintenant nous demander à quel résultat nous arrivons, si nous laissons de côté cette convention.

Nous voulons rechercher tout d'abord le changement de disgrégation d'un corps, et nous reprendrons l'exemple d'un gaz parfait qui change de volume.

Quand un gaz se dilate et qu'il triomphe à chaque instant d'une pression extérieure assez forte pour que sa force d'expansion puisse tout juste la vaincre, de façon que toujours la force directe et la force opposée soient égales entre elles, ou au moins que l'excès de l'une sur l'autre soit si petit qu'il puisse être négligé, le gaz peut ensuite être comprimé sous l'influence de cette même force extérieure dont il avait triomphé par la dilatation ; et les phénomènes qui accompagnent la compression seront égaux et contraires à ceux qui ont accompagné la dilatation. Ce mode de dilatation du gaz est donc réversible.

Mais le gaz peut encore se dilater d'une autre manière. Figurons-nous un vase dans lequel le gaz soit contenu, et supposons que ce vase soit mis brusquement en rapport avec un vase vide : une partie de ce gaz passera dans le vase vide, jusqu'à ce que la pression soit la même dans les deux vases. Le gaz s'est donc dilaté sans être obligé de vaincre une pression extérieure. Mais on ne peut pas ramener le gaz à son volume primitif sans faire usage d'une pression extérieure. Ce mode de dilatation a donc lieu sous une forme qui n'est pas réversible.

Le résultat final de la dilatation est le même dans les deux cas, en tant que la disgrégation du gaz a augmenté jusqu'à un certain point; mais dans l'un des cas, où une résistance était à vaincre, il s'accomplissait une transformation de chaleur en œuvre, tandis que dans l'autre cas, où il n'y avait pas de résistance, aucune œuvre n'était produite, et par conséquent aussi aucune chaleur n'était transformée en œuvre. Si le gaz, au contraire, doit être comprimé, et que, par suite, sa disgrégation doive diminuer, il faut nécessairement, dans ce cas, que de l'œuvre se transforme en chaleur. Comme nous avons dit que la transformation d'œuvre en chaleur était une transformation positive, et que la transformation de chaleur en œuvre était une transformation négative, nous pouvons énoncer ce qui précède de la manière suivante : La diminution de disgrégation, qui est une transformation négative, ne peut pas avoir lieu sans une transformation positive simultanée; l'augmentation de disgrégation, au contraire, qui est une transformation positive, peut se présenter sans transformation négative.

Nous allons maintenant considérer quelle est la loi qui régit le second mode de transformation, c'est-à-dire la transformation de la chaleur en œuvre, ou bien la transformation inverse. Pour transformer la chaleur en œuvre, il doit se faire, comme nous l'avons déjà vu, soit une augmentation de disgrégation, soit, quand ce n'est pas le cas, ce qui arrive dans un cycle fermé, le passage d'une certaine autre quantité de chaleur d'un corps plus chaud sur un corps plus froid. Comme d'ailleurs l'augmentation de disgrégation et le passage de la chaleur d'un corps plus chaud sur un corps plus froid sont des transformations positives, il s'ensuit que la transformation négative de chaleur en œuvre doit être nécessairement alliée avec une transformation positive simultanée.

Au contraire, la transformation positive d'œuvre en chaleur peut très-bien avoir lieu sans transformation négative simultanée. Quand, par exemple, une force est employée à vaincre la résistance due au frottement, il en résulte de la chaleur, et il y aurait ainsi de l'œuvre transformée en chaleur, sans qu'une transformation négative quelconque survienne. La résistance de l'air et la résistance au passage dont doit triompher un courant électrique passant dans un

ducteur se comportent comme la résistance due au frottement.

On peut donc dans le cas du deuxième mode de transformation énoncer cette loi : que la transformation négative de chaleur en œuvre ne peut pas avoir lieu sans une transformation positive simultanée, mais que la transformation positive d'œuvre en chaleur peut avoir lieu sans transformation négative simultanée.

Enfin, nous avons encore à considérer le troisième mode de transformation, le passage de la chaleur d'une température à une autre.

Pour transporter la chaleur d'un corps plus froid sur un corps plus chaud, il doit nécessairement se passer une transformation positive, puisque nous avons déjà vu précédemment, dans le cas d'un cycle fermé, que ce transport de chaleur exige une transformation d'œuvre en chaleur. Le passage inverse de chaleur d'un corps plus chaud sur un corps plus froid peut au contraire s'effectuer entièrement de lui-même, comme c'est, par exemple, le cas quand la chaleur se propage par conductibilité ou par rayonnement d'un corps plus chaud sur un corps plus froid.

Ainsi donc, dans ce cas, comme dans les deux autres, la transformation négative ne peut pas avoir lieu sans transformation positive, mais la transformation positive peut avoir lieu sans transformation négative.

Nous avons dit précédemment que deux transformations égales en grandeur et de signes contraires se compensaient l'une l'autre. D'après cela, nous pouvons énoncer, relativement aux trois modes de transformation dont nous venons de parler, la loi suivante : *Des transformations négatives ne peuvent avoir lieu qu'avec compensation, mais des transformations positives peuvent avoir lieu sans compensation ;* ou bien plus brièvement : *des transformations non compensées ne peuvent être que positives.*

Ce caractère distinctif a son influence dans toutes les transformations qui s'accomplissent dans la nature, puisque le cas où une transformation est parfaitement réversible, et par conséquent où la somme des transformations qui ont lieu est rigoureusement nulle, ne forme que le cas limite dans l'infinité des cas possibles, comme zéro est la limite inférieure de toutes les grandeurs positives. Si l'on considère l'univers tout entier, en ayant égard à ce que nous venons de dire, on arrivera à une conclusion remarquable.

On entend fréquemment dire que tout dans le monde a un cours circulaire. Pendant que des transformations ont lieu dans un sens, en un lieu déterminé et à une certaine époque, d'autres transformations s'accomplissent en sens inverse dans un autre lieu et à une autre époque, de sorte que les mêmes états se reproduisent constamment, et que l'état du monde reste invariable quand on considère les choses en gros et d'une manière générale. Le monde peut donc continuer à subsister éternellement de la même façon.

Quand le premier principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur fut énoncé, on pouvait peut-être le considérer comme une confirmation éclatante de l'opinion mentionnée. Nous n'avons parlé jusqu'ici que de chaleur et d'œuvre, au sujet de ce principe. Mais il faut remarquer en outre qu'on peut considérer la lumière comme comprise dans le mot « chaleur », et que le mot « œuvre » a également une signification très-étendue. Les actions chimiques, les effets des forces électriques et magnétiques, l'augmentation et la diminution des mouvements, mouvements de progression, de rotation ou d'oscillation pour des masses pondérables, aussi bien que mouvements électriques, peuvent, pour autant qu'on doit les considérer ici, être regardés comme de l'œuvre. Nous nous trouvons donc ainsi en présence d'une loi que l'on peut appliquer dans tous les phénomènes naturels.

Helmholtz, qui reconnut tout de suite la généralité de ce principe, et, en l'appliquant aux différentes parties de la physique, la démontra d'une manière claire et concluante dans son bel ouvrage qui se rapporte à cette question, l'appelle, en lui donnant l'extension la plus large : *Principe de la conservation des forces.* Il vaudrait peut-être mieux encore l'appeler : *Principe de la conservation de l'énergie.*

On peut l'énoncer sous la forme suivante, quand elle doit exprimer une loi fondamentale et générale de l'univers : *Une forme d'énergie peut se transformer en une autre forme d'énergie, mais la quantité d'énergie ne peut jamais se perdre ; au contraire, l'énergie totale existant dans le monde est constante, comme la quantité de matière qui s'y trouve.*

Bien que l'exactitude de cette loi soit hors de doute, et qu'elle exprime en effet l'invariabilité de l'univers dans un certain sens, on irait pourtant trop loin si l'on supposait qu'elle dût fournir une confirmation de l'opinion d'après laquelle l'univers entier serait regardé comme absolument invariable et accomplissant éternellement sa révolution. Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur contredit cette opinion de la manière la plus formelle.

Comme nous l'avons dit précédemment, la règle qui s'applique d'une manière générale à toutes les transformations infiniment variées qui se passent dans le monde, c'est que les transformations n'ont pas besoin de se présenter en quantités égales dans des sens opposés, mais que la différence ne peut avoir lieu que dans un sens déterminé, c'est-à-dire de façon que les transformations positives l'emportent sur les négatives. De là résulte que l'état de l'univers doit changer successivement de plus en plus dans un sens déterminé.

L'œuvre que peuvent effectuer les forces naturelles, et qui est contenue dans les mouvements des différents corps de l'univers, se transforme successivement et de plus en plus en chaleur. La chaleur, tendant constamment à passer des corps plus chauds sur les corps plus froids, et par conséquent à rendre les températures égales de part et d'autre, se répartira peu à peu toujours d'une manière plus égale, et il s'établira un équilibre déterminé entre la chaleur rayonnant dans l'éther, et la chaleur qui se trouve dans les corps. Enfin les molécules des corps tendront à prendre une disposition telle que, eu égard à la température régnante, la disgrégation totale soit aussi grande que possible.

J'ai cherché une loi simple qui permît d'énoncer complétement ce changement progressif, et qui exprimât d'une manière caractéristique l'état vers lequel tend peu à peu l'univers. J'ai imaginé une grandeur qui jouât par rapport aux transformations le même rôle que l'énergie par rapport à la chaleur et à l'œuvre, c'est-à-dire qui représentât la somme de toutes les transformations qui doivent avoir lieu pour amener un corps ou un système de corps dans son état actuel. J'ai donné à cette grandeur le nom d'*entropie.* Dans tous les cas maintenant où les transformations positives sont plus grandes que les négatives, il y a augmentation d'entropie. On doit aussi en conclure que, dans tous les phénomènes naturels, la valeur totale de l'entropie ne peut qu'augmenter sans jamais diminuer, et l'on obtient par conséquent, pour

exprimer le changement qui se produit partout et constamment, la loi suivante :

L'entropie de l'univers tend vers un maximum.

Plus l'univers s'approche de cet état limite, dans lequel l'entropie est un maximum, plus les occasions de nouveaux changements disparaissent; et si cet état était atteint à la fin, aucun nouveau changement n'aurait plus lieu, et l'univers se trouverait dans un état de mort persistante.

Bien qu'actuellement l'univers soit encore très-éloigné de cet état limite, et bien qu'il tende vers lui avec une lenteur telle que des périodes comme celles que nous appelons temps historiques, peuvent être considérées comme de courts espaces en comparaison des périodes immenses dont l'univers a besoin pour effectuer d'une manière successive ses moindres transformations, il y a une conséquence importante qui subsiste toujours, c'est qu'on a trouvé une loi naturelle qui permet de conclure d'une manière certaine que dans l'univers tout n'a pas un cours circulaire, mais que les modifications ont toujours lieu dans un sens déterminé, et tendent ainsi vers un état limite.

R. CLAUSIUS,
Professeur à l'université de Würzburg.

— Traduit de l'allemand par P. DELESTRÉE. —

VARIÉTÉS.

M. BREHM.

L'Orang-outan (1).

L'Orang-outan (*Pithecus satyrus*) est connu depuis la plus haute antiquité. Pline raconte déjà qu'on trouve, sur les montagnes de l'Inde, des satyres, « animaux très-méchants, à face humaine, marchant tantôt debout, tantôt sur les quatre pattes, et que la grande rapidité de leur course empêche d'être pris autrement que quand ils sont malades ou très-vieux. »

Le récit de Pline s'est répété de siècle en siècle, et chacun de ses commentateurs y a un peu ajouté du sien. On a presque oublié qu'il était question d'animaux, et de ces singes on a fait presque des hommes sauvages.

Tulpius (2) donne un excellent dessin (fig. 52), fait évidemment d'après nature, de l'animal *Satyrus indicus*, nommé par les Indiens Orang-outan, ou Homme des bois, et par les Africains, *Quoias morrou*. Il dit qu'il était aussi grand qu'un enfant de trois ans, aussi fort qu'un enfant de six ans, et que son dos était couvert de poils noirs.

Bontius, médecin qui vivait à Java vers le milieu du XVIIe siècle, en parla (3) de nouveau d'après ses propres observations. Il avait vu plusieurs fois des Orangs mâles et femelles. Ils marchaient et se démenaient comme des hommes. Une femelle surtout se distinguait d'une manière extraordinaire. Elle était honteuse devant des hommes qu'elle ne connaissait pas et se cachait alors la face; elle soupirait, pleurait et imitait toutes les actions de l'homme, au point que la parole seule lui manquait pour être une créature humaine. Les Javanais prétendaient que ces singes pourraient bien parler, mais qu'ils ne le veulent pas, pour ne pas être forcés de travailler. Ils admettaient comme chose certaine que les Orangs sont un produit du mélange des singes ordinaires et des femmes indiennes.



FIG. 52. — L'Orang-outan, d'après Tulpius (1641).

Schouten et Crosse ont enjolivé ce conte. Naturellement, dans toutes ces descriptions, on dit que l'Orang-outan marche debout sur ses jambes de derrière; on ajoute toutefois « qu'il *peut* aussi courir sur les quatre pattes ». En réalité, les voyageurs sont innocents de la plupart de ces exagérations; car ils ne font que répéter les contes des indigènes. Ceux-ci savent tirer profit de la curiosité des Européens pour leurs singes; comme ils veulent leur vendre de jeunes Pongos, ils font valoir leur marchandise ni plus ni moins que les marchands de chevaux de nos jours.

Si nous essayons de débarrasser l'histoire de l'Orang-outan de toutes les fables et de tous les mensonges, nous pourrons la résumer ainsi.

Caractères. — L'Orang asiatique, appelé ordinairement *Orang-outan* ou *Pongo*, se distingue de l'Orang africain par la longueur considérable de ses bras, qui descendent jusqu'aux malléoles, et par la forme pyramidale ou conique de sa tête, à museau saillant, qui enlève à ces animaux toute conformité avec l'homme, lorsqu'ils deviennent vieux. Tant que l'Orang-outan est jeune, son crâne ressemble au plus haut degré à celui d'un enfant; mais il se modifie avec l'âge, et n'a plus, par suite, qu'un vague rapport avec la forme qu'il présentait pendant sa jeunesse.

L'Orang-outan mâle atteint quatre pieds de hauteur; la femelle est plus petite d'environ un demi-pied. Le corps est très-large dans la région des reins et se distingue par un ventre saillant; le cou est court et forme des plis sur le devant, parce que cet animal possède un grand larynx, à parois flasques, qu'il peut gonfler; ses membres sont terminés par de longues mains et de longs doigts. Les ongles sont toujours aplatis; ils manquent presque constamment aux pouces des mains de derrière. La face est tout à fait caractéristique : les canines font saillie au milieu de ses puissantes dents; la mâchoire inférieure est plus longue que la mâchoire supérieure; les lèvres sont ridées et fortement gonflées; le nez est tout à

(1) Cet article est extrait d'un ouvrage de M. Brehm sur les *Mammifères*, dont la publication va commencer prochainement.

(2) Tulpius, *Observationes medicæ*. Lugduni Batav., 1641, liv. III, chap. LVI.

(3) Bontius, *De medicina Indorum*. Parisiis, 1646.

fait aplati et la cloison nasale se prolonge au delà des ailes du nez; les yeux et les oreilles sont petits, mais de la même forme que ceux de l'homme. Les poils, rares sur le dos et sur la poitrine, sont longs et plus fourrés sur les parties latérales du corps. Ceux de la figure forment barbe. Sur les lèvres et sur le menton, sur le crâne et sur les avant-bras, les poils sont dirigés de bas en haut, partout ailleurs de haut en bas. La face et la paume de la main sont nues; les joues et la partie supérieure des doigts le sont presque. La couleur du pelage est ordinairement d'un rouge de rouille, passant quelquefois au rouge brun; les poils de la barbe sont d'une nuance plus claire que ceux du dos et de la poitrine. Les parties nues paraissent bleuâtres ou gris d'ardoise. Les vieux mâles se distinguent des femelles non-seulement par leur taille, mais encore par leur poil plus long et plus touffu, par leur barbe et par des callosités particulières qui couvrent les joues, des yeux jusqu'aux oreilles et jusqu'à la mâchoire supérieure: ces callosités ont la forme de croissants et enlaidissent singu-

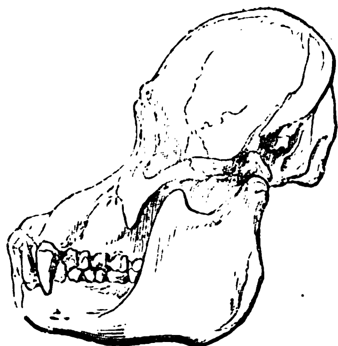


Fig. 53. — Crâne d'Orang-outan.

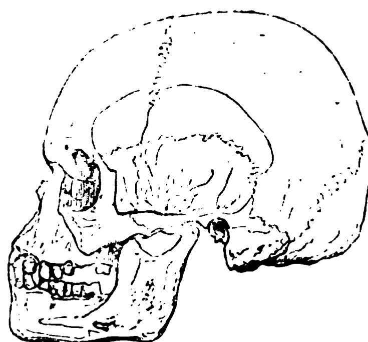


Fig. 55. — Crâne de Nègre.



Fig. 54. — Crâne de Chimpanzé.

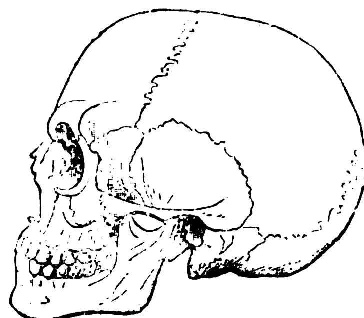
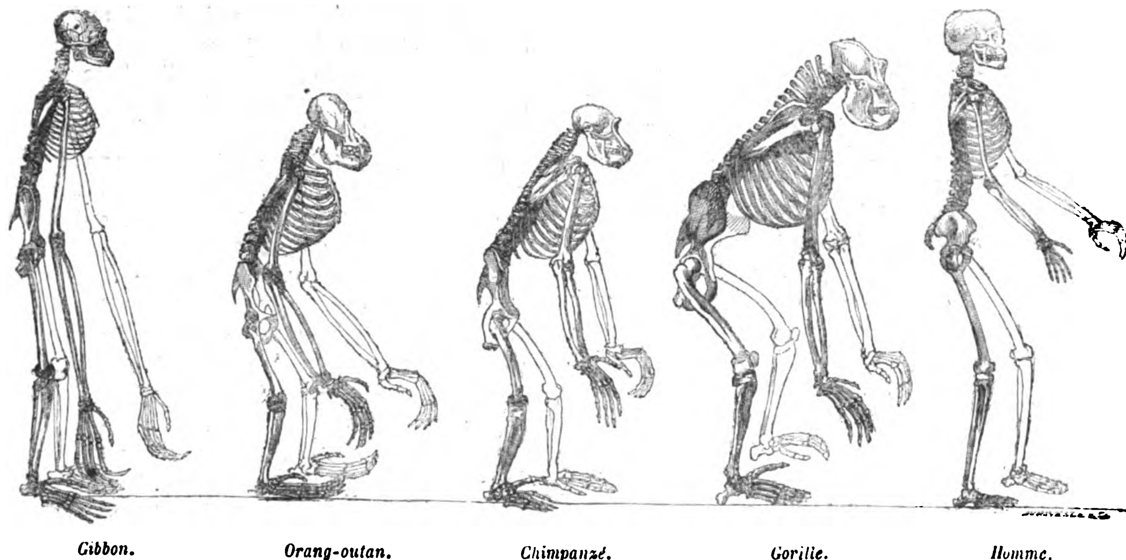


Fig. 56. — Crâne d'Européen.

Comparaison du crâne de l'Orang-outan avec ceux du Chimpanzé et de l'Homme.



Gibbon. *Orang-outan.* *Chimpanzé.* *Gorille.* *Homme.*

Fig. 57 à 61. — Comparaison des squelettes de divers singes, d'après les dessins de grandeur naturelle exécutés par M. Hawkins sur les individus du Collége royal des chirurgiens de Londres. — Les dimensions relatives ont été conservées, excepté pour le Gibbon, dont la taille est doublée.

lièrement leur visage. Les jeunes Orangs n'ont par de barbe; mais les diverses parties de leur corps sont couvertes d'un poil plus épais et plus foncé.

îles de la Sonde comme sa patrie; il paraît que cette opinion reposait sur de fausses assertions des indigènes. Pendant longtemps on n'était pas éloigné d'admettre deux, trois et même



FIG. 62. — L'Orang-outan sur le sol.

Distribution géographique et habitat. — Il paraît certain que l'Orang-outan se trouve exclusivement sur l'île de Bornéo. Autrefois on regardait souvent l'île de Sumatra et les autres

jusqu'à quatre espèces d'Orangs-outans dont chacun aurait habité une île particulière. Maintenant, au contraire, on s'accorde généralement à considérer les divers Orangs de l'Asie,

qu'on avait pris pour des espèces distinctes, comme des individus d'âges différents d'une seule espèce, habitant Bornéo. C'est dans cette île que vit notre singe; il habite les grandes forêts solitaires et marécageuses du sud et de l'ouest; il recherche les vallées du Kahayan, du Sampit, du Mandawej, du Kotaringin, et les bords des autres fleuves de l'île. On ne le rencontre jamais dans la montagne.

Il a besoin, pour se multiplier, de grandes forêts dans lesquelles il peut vivre à l'abri des persécutions de son ennemi mortel, l'homme. Il a disparu de toutes les contrées habitées, dans lesquelles il vivait autrefois. On le trouve, au contraire, assez fréquemment dans les régions vraiment sauvages, mais on a pu l'y observer et l'y surprendre si rarement, que nous ne savons pas encore grand'chose sur son genre de vie à l'état libre.

Mœurs, habitudes et régime. — Les femelles seules et les singes les plus jeunes vivent en sociétés, mais ne forment jamais de bandes nombreuses; les vieux mâles sont, au contraire, solitaires. Les Orangs qu'un âge très-avancé a rendus faibles vivent sur le sol, où ils traînent une vie misérable.

Les singes plus jeunes et plus vigoureux vivent sur les arbres. Leurs longs bras de devant rendent leur marche pénible et lourde (fig. 62); ils leur sont au contraire du plus grand secours pour grimper. Lorsqu'ils marchent, ils s'appuient sur la partie supérieure des pieds tenus fermés, et sur le bord extérieur du métacarpe. Ils ne peuvent soutenir pendant longtemps la progression verticale; aussi ne marchent-ils pas plus que les autres singes sur leurs jambes de derrière seules. Déjà, dans leur jeune âge, ils sont calmes ou du moins peu pétulants; ils deviennent encore plus paresseux et plus lourds avec l'âge. Ils grimpent lourdement et avec prudence, à peu près comme l'ours, saisissent une branche à l'aide des mains de devant et font suivre lourdement leur corps (fig. 63). Jamais ils ne font de grands sauts audacieux. Ils trouvent sur la cime des arbres tout ce qu'il leur faut, des fruits, des bourgeons, des fleurs, des feuilles, des graines, des écorces, des insectes et des œufs. C'est là ce qui constitue leur nourriture en liberté. Ils recherchent de préférence les parties basses des forêts vierges pour y passer la nuit, et choisissent les cimes les plus touffues pour être protégés contre la pluie et le vent. Les plantes parasites qui vivent sur des branches épaisses, de grandes et de petites fougères, des arbres à feuilles larges et touffues, sont leur milieu favori. Ils se construisent aussi une espèce de nid à une hauteur de quinze à vingt pieds au-dessus du sol. Ces abris ressemblent à l'aire de nos grands oiseaux de proie et ne sont jamais couverts par un toit. Des branches épaisses, cassées en morceaux ou simplement courbées, de petits rameaux garnis de feuilles desséchées et d'herbes, sont les matériaux qu'ils emploient pour former un lit chaud et doux. On prétend que l'Orang-outan ne dort jamais assis, mais qu'il se couche comme l'homme; lorsqu'il fait froid, il se couvre même de feuilles. On a observé des faits de ce genre sur des individus captifs.

L'Orang-outan est un animal très-doux et très-paisible. Il n'est pas timide et ne fuit pas devant l'homme, qu'il regarde, au contraire, avec beaucoup de calme.

Chasses et combats. — Lorsqu'il craint quelque danger ou lorsqu'il est vivement poursuivi, il cherche un refuge sur la cime des arbres les plus élevés, où il se cache dans l'épaisseur du feuillage ou derrière quelque grosse branche. Lorsqu'il ne s'y sent pas en sûreté, il se sauve de cime en cime, non pas avec une rapidité impétueuse comme beaucoup d'autres singes, mais avec réflexion et avec une prudence calculée. Lorsqu'il est atteint par une balle ou par une flèche, il pousse de grands cris, casse les branches et les rameaux qu'il peut saisir et les lance sur ses adversaires pour les effrayer et faire cesser la poursuite. Même dans ses plus violentes colères, ses mouvements sont tellement lents, qu'il est facile de l'atteindre. Jamais aucun naturaliste sérieux ne l'a vu se servir de branches cassées en guise de massue, et l'imagination des indigènes a seule donné naissance à tous les contes faits à ce sujet. Ce qu'il y a de certain, c'est que, quand il est blessé et que son adversaire le serre de près, il sait très-bien se défendre : le chasseur n'a alors qu'à bien se garder de ses attaques. Ses bras sont vigoureux et ses dents sont réellement terribles. Il casse facilement le bras d'un homme et fait des morsures affreuses.

Il est tout à fait impossible de s'emparer d'un vieil Orang-outan vivant; les jeunes sont plus faciles à capturer. On raconte que, pour s'en emparer, les chasseurs abattent les arbres qui entourent celui sur lequel il a cherché un refuge, et lui enlèvent ainsi tout moyen de retraite; inutile de dire que c'est là une nouvelle fable ajoutée à tant d'autres. Schouten nous apprend qu'on prend les jeunes singes dans des lacets.

Domesticité. — Nous possédons un grand nombre de récits sur la vie de ces animaux à l'état captif, et tous s'accordent à dépeindre les jeunes Orangs-outans comme de bonnes créatures, un peu lentes et lourdes.

C'est à un Hollandais, à Bosmaern, que nous devons les premières observations sur cette espèce, dont il a conservé pendant longtemps une femelle à l'état de domesticité. Cette femelle était très-douce et ne se montrait jamais méchante ou fausse. On pouvait sans la moindre crainte mettre la main dans sa bouche. Sa physionomie avait quelque chose de triste et de mélancolique. Elle aimait la société de l'homme, sans avoir de préférence pour l'un ou l'autre sexe, et recherchait surtout les personnes qui s'occupaient beaucoup d'elle. On l'attachait à une chaîne, ce qui la mettait quelquefois au désespoir; elle se jetait alors par terre, poussait des cris à faire pitié et déchirait toutes les couvertures qu'on lui avait données. Elle marchait ordinairement à quatre pattes, comme les autres singes, mais elle marchait très-bien debout et se soutenait assez longtemps au moyen d'une canne.

Un jour qu'on la laissa courir en liberté, elle grimpa sur la charpente du toit et s'y démena avec tant d'agilité, qu'il fallut plus d'une heure à quatre personnes pour la reprendre. Le jour de cette escapade, elle trouva une bouteille de malaga; la déboucher, la vider et la remettre à sa place, fut l'affaire d'un instant.

Elle mangeait de tout, mais elle préférait les fruits et les plantes aromatiques. Elle aimait aussi la viande rôtie ou grillée et les poissons frits. Les insectes ne paraissaient pas être de son goût. Un jour on lui donna un moineau : elle en eut d'abord peur; puis elle le tua, lui arracha quelques plumes, goûta la viande, et le jeta loin d'elle. Elle éprouvait beaucoup de plaisir à boire des œufs frais. Les fraises étaient pour elle la plus grande des friandises. Elle buvait ordinairement de l'eau, mais elle aimait toutes les espèces de vins, surtout le malaga. Après avoir bu, elle s'essuyait la bouche avec la main; elle se servait aussi du cure-dent, absolument comme un homme. Très-habile pick-pocket, elle enlevait avec une

ande dextérité des friandises aux personnes qui la visi- ient.

Avant de se coucher, elle faisait toujours de grands prépa- ifs, disposait son foin, le secouait, en réunissant une partie botte pour y appuyer sa tête et se couvrait ensuite. Elle imait pas à coucher seule, et craignait en général la soli- e. Elle sommeillait quelquefois pendant le jour, mais ja- is longtemps. On lui avait donné une espèce de vêtement, nt elle s'enveloppait tantôt le corps, tantôt la tête, par le oid aussi bien que par les plus grandes chaleurs.

Un jour, on ouvrit cadenas de sa aine à l'aide d'une f; elle avait atten- ement suivi des x tout le mouve- nt, et essaya plus d'ouvrir à son r le cadenas, en y roduisant un petit rceau de bois et le tournant dans is les sens.

Une autre fois on i donna un jeune t, elle le retint et flaira avec soin. Le at lui ayant fait e égratignure au s, elle le jeta, exa- ina la blessure, et, partir de ce mo- ent, ne voulut plus rien avoir de commun avec lui.

Elle savait très-bien dénouer les nœuds les plus compliqués à l'aide de ses mains, ou à l'aide de ses dents, lorsqu'ils étaient trop solides; cet exercice semblait même l'amuser beaucoup, car elle déliait régulièrement les cordons de souliers de toutes les personnes qui approchaient d'elle.



Fig. 69. — L'Orang-outan en marche sur une branche.

Elle avait une très-grande force dans les bras, soulevait les poids les plus lourds, et se servait de ses mains de derrière avec autant d'habileté que de celles de devant. Lorsqu'elle ne pouvait pas saisir un objet avec les membres antérieurs, elle se couchait sur le dos et l'attirait avec ses mains de derrière. Elle ne criait que lorsqu'elle était seule : son cri ressemblait d'abord au hurlement d'un chien, devenait de plus en plus rude, et rappelait à la fin le bruit d'une scie coupant du bois.

La phthisie l'enleva au bout de fort peu de temps.

Un autre Orang-outan apprivoisé, dont Jeffries a observé les habitudes, tenait sa cage toujours très-propre, lavait le plancher avec un vieux linge trempé dans l'eau et le débarrassait de toute espèce de détritus. Il se lavait les mains et la figure comme nous.

Un troisième Orang-outan se montrait très-aimable envers tous ceux qui lui parlaient doucement; il embrassait son maître et son gardien absolument comme le ferait un homme. Gêné avec des étrangers, il se mettait au contraire sur un grand pied de familiarité avec ceux qu'il connaissait bien.

Parmi les nombreuses observations que nous possédons sur les mœurs de ces singes en captivité, les plus complètes, sans contredit, sont celles que F. Cuvier a faites sur une jeune femelle qui a vécu un mois au château de la Malmaison, en 1808; celles que le docteur Abel, naturaliste de l'ambassade de lord Amherst, a recueillies sur un Orang-outan de Bornéo, qui fut transporté de Batavia en Angleterre, où il vécut du mois d'août 1817 au 1er avril 1819; enfin celles qu'a pu faire le capitaine Smitt, durant trois mois de traversée, sur un autre individu qui mourut à bord avant son arrivée en Allemagne.

L'Orang-outan que Frédéric Cuvier étudia à Paris était âgé de dix à onze mois à son arrivée en France, où il vécut encore près d'un mois.

« Cet Orang-outan était entièrement conformé pour grimper et faire des arbres sa principale habitation. En effet, autant il grimpait avec facilité, autant il marchait péniblement : lorsqu'il voulait monter à un arbre, il en empoignait le tronc et les branches avec ses mains et ses pieds, et ne se servait ni de ses bras ni de ses cuisses. Il passait facilement d'un arbre à un autre lorsque les branches se touchaient, de sorte que, dans une forêt un peu épaisse, il n'y aurait eu aucune raison pour qu'il descendît jamais à terre, où il marchait difficilement. En général, tous ses mouvements avaient de la lenteur; mais ils semblaient être pénibles lorsqu'il voulait se transporter sur terre d'un lieu à un autre. D'abord il appuyait ses deux mains fermées sur le sol, se soulevait sur ses longs bras et portait son train de derrière en avant, en faisant passer ses pieds entre ses bras et en les portant au delà des mains ; ensuite, appuyé sur son train de derrière, il avançait la partie supérieure de son corps, s'appuyait de nouveau sur ses

poignets, se soulevait et recommençait à porter en avant son train de derrière. Ce n'était qu'en étant soutenu par la main qu'il marchait sur ses pieds; encore, dans ce cas, s'aidait-il de son autre bras. Je l'ai peu vu s'appuyer sur la plante entière; le plus souvent il n'en posait à terre que le côté externe, semblant par là vouloir garantir ses doigts de tout frottement sur le sol; cependant quelquefois il appuyait le pied sur toute sa base, mais alors il tenait les deux dernières phalanges des doigts recourbées, excepté le pouce, qui restait ouvert et écarté. Dans son état de repos, il s'asseyait, ayant les ambes reployées sous lui à la manière des Orientaux. Il se couchait indistinctement sur le dos ou sur les côtés, en retirant ses jambes à lui et en croisant ses bras sur sa poitrine; alors il aimait à être couvert, et, pour cet effet, il prenait toutes les étoffes, tous les linges qui se trouvaient près de lui.

» Cet animal employait ses mains comme nous employons généralement les nôtres, et l'on voyait qu'il ne lui manquait que de l'expérience pour en faire l'usage que nous en faisons dans un très-grand nombre de cas particuliers. Il portait le plus souvent ses aliments à sa bouche avec ses doigts; mais quelquefois aussi il les saisissait avec ses longues lèvres, et c'était en humant qu'il buvait, comme le font tous les animaux dont les lèvres peuvent s'allonger. Il se servait de son odorat pour juger de la nature des aliments qu'on lui présentait et qu'il ne connaissait pas, et il paraissait consulter ce sens avec beaucoup de soin. Il mangeait presque indistinctement des fruits, des légumes, des œufs, du lait, de la viande; il aimait beaucoup le pain, le café et les oranges; et une fois il vida, sans en être incommodé, un encrier qui tomba sous sa main. Il ne mettait aucun ordre dans ses repas, et pouvait manger à toute heure comme les enfants.

» Sa vue est fort bonne ainsi que son ouïe.

» On a eu la curiosité de voir quelle impression ferait sur lui notre musique, et, comme on aurait dû s'y attendre, elle n'en a fait aucune; elle n'est même pour nous qu'un besoin dû à notre perfectionnement : jamais elle n'a fait sur les sauvages d'autre effet que celui de bruit.

» Pour se défendre, notre Orang-outan mordait et frappait de la main; mais ce n'était qu'envers les enfants qu'il montrait quelque méchanceté, et c'était toujours par impatience plutôt que par colère. En général, il était doux et affectueux, et il éprouvait un besoin naturel de vivre en société. Il aimait à être caressé et donnait de véritables baisers. Son cri était guttural et aigu; il ne le faisait entendre que lorsqu'il désirait vivement quelque chose. Alors tous ses signes étaient expressifs : il secouait sa tête en avant pour montrer sa désapprobation, boudait lorsqu'on ne lui obéissait pas, et, quand il était en colère, il criait très-fort et en se roulant par terre. Alors son cou se gonflait singulièrement.

» Cet Orang-outan arriva à Paris dans les commencements du mois de mars 1808. Lorsqu'il arriva de Bornéo à l'île de France, on assura qu'il n'avait que trois mois; son séjour dans cette île fut de trois mois; le vaisseau qui l'apporta en Europe mit trois mois à sa traversée; il fut débarqué en Espagne, et son voyage jusqu'à Paris dura deux mois : d'où il résulte qu'à la fin de l'hiver 1808, il était âgé de dix à onze mois. Les fatigues d'un si long voyage de mer, mais surtout le froid que cet animal éprouva en traversant les Pyrénées dans la saison des neiges, mirent sa vie à toute extrémité, et, en arrivant à Paris, il avait plusieurs doigts gelés et était atteint d'une fièvre hectique très-prononcée. Malgré les soins les plus constants, on ne put le rétablir, et il mourut après avoir langui pendant cinq mois.

» La nature n'a donné aux Orangs-outans qu'assez peu de moyens de défense. Après l'homme, c'est peut-être l'animal qui trouve dans son organisation les plus faibles ressources contre les dangers; mais il a de plus que nous une extrême facilité à grimper aux arbres et à fuir ainsi les ennemis qu'il ne peut combattre. Ces seules considérations suffiraient pour faire présumer que la nature a doué l'Orang-outan de beaucoup de circonspection. En effet, la prudence de cet animal s'est montrée dans toutes ses actions, et principalement dans celles qui avaient pour but de le soustraire à quelque danger. Pendant les premiers jours de son embarquement, il montrait beaucoup de défiance en ses propres moyens, ou plutôt, ne pouvant apprécier la cause du roulis, il s'en exagérait les dangers. Il ne marchait jamais sans tenir fortement en ses mains plusieurs cordes ou quelque autre chose qui tint au vaisseau; il refusa constamment de monter aux mâts, quelques encouragements qu'il reçût des personnes de l'équipage, et il ne fut poussé à le faire que par la force d'un sentiment que la nature semble avoir porté dans cette espèce à un très-haut degré : celui de l'affection. Notre animal en ressentait constamment les effets, et il doit sûrement conduire les Orangs-outans à vivre en société et à se défendre mutuellement quand quelques dangers les menacent, comme le font la plupart des animaux qui sont portés par la nature à vivre réunis. Quoi qu'il en soit, notre Orang-outan n'eut le courage de monter aux mâts que lorsqu'il eut vu M. Decaen, son maître, y monter lui-même; il le suivit, et, dès ce moment, il y monta seul chaque fois qu'il en éprouva le désir : l'expérience heureuse qu'il avait faite lui donna assez de confiance en ses propres forces pour qu'il osât la répéter.

» Les moyens employés par les Orangs-outans pour se défendre sont en général ceux qui sont communs à tous les animaux timides, la ruse et la prudence; mais tout annonce que les premiers ont une force de jugement que n'ont point la plupart des autres et qu'ils l'emploient dans l'occasion pour éloigner des ennemis plus forts qu'eux. Notre animal, vivant en liberté, avait coutume, dans les beaux jours, de se transporter dans un jardin où il trouvait un air pur et les moyens de se donner quelque mouvement; alors il grimpait aux arbres et se plaisait à rester assis entre les branches. Un jour qu'il était ainsi perché, on parut vouloir monter après lui pour le prendre; mais aussitôt il saisit les branches auxquelles on s'accrochait, et les secoua de toute sa force comme si son intention était d'effrayer la personne qui faisait semblant de monter. Dès qu'on se retirait, il cessait de secouer les branches; mais il recommençait dès qu'on paraissait vouloir monter de nouveau, et il accompagnait ce geste de tant d'autres signes d'impatience ou de crainte, que son intention d'éloigner par le danger d'une chute, ou par une chute même, celui qui menaçait de le prendre, fut évidente pour toutes les personnes qui se trouvaient en ce moment-là près de lui. Cette expérience, qui a été tentée plusieurs fois, a toujours produit les mêmes résultats.

» Souvent il se trouva fatigué des nombreuses visites qu'il recevait; alors il se cachait entièrement dans sa couverture et n'en sortait que lorsque les curieux s'étaient retirés; jamais il n'agissait ainsi quand il n'était entouré que des personnes qu'il connaissait.

» C'est à ces seuls faits que se bornent nos observations sur

les moyens des Orangs-outans pour se défendre; mais ils suffisent, je pense, pour convaincre que ces animaux peuvent suppléer par les ressources de leur intelligence à celles qu'une faible organisation physique leur refuse.

» Les besoins naturels de ces quadrumanes sont si faciles à satisfaire, qu'ils doivent trouver dans leur organisation assez de moyens pour ne pas être obligés d'exercer fortement sous ce rapport leurs autres facultés. Les fruits sont les aliments principaux dont ils se nourrissent, et, comme nous l'avons vu, leurs membres sont essentiellement conformés pour grimper aux arbres. Il est donc vraisemblable que, dans leur état de nature, ces animaux emploient beaucoup plus leur intelligence à écarter les dangers qu'à chercher les objets de leurs besoins.

» Les hommes, au reste, ne sont pas les seuls êtres, différents des Orangs-outans, auxquels ceux-ci peuvent s'attacher. Notre animal avait pris pour deux petits chats une affection qui ne lui était pas toujours agréable : il tenait ordinairement l'un ou l'autre sous son bras, et d'autres fois il se plaisait à les placer sur sa tête; mais comme dans ces divers mouvements les chats éprouvaient souvent la crainte de tomber, ils s'accrochaient avec leurs griffes à la peau de l'Orang-outan, qui souffrait avec beaucoup de patience les douleurs qu'il en ressentait. Deux ou trois fois, à la vérité, il examina attentivement les pattes de ces petits animaux, et, après avoir découvert leurs ongles, il chercha à les arracher, mais avec ses doigts seulement : n'ayant pu le faire, il se résigna à souffrir plutôt qu'à sacrifier le plaisir qu'il trouvait à jouer avec eux. L'instinct semblait encore entrer pour quelque chose dans le mouvement par lequel il portait ces petits chats sur sa tête. Si quelques papiers légers lui tombaient sous la main, il les élevait sur sa tête; s'il arrivait à une cheminée, il en prenait les cendres à poignée et s'en couvrait la tête; il faisait de même avec la terre, avec les os qu'il avait rongés, etc.

» Nous avons dit que pour manger, il prenait ses aliments avec ses mains ou avec ses lèvres. Il n'était pas fort habile à manier nos instruments de table, et à cet égard il était dans le cas des sauvages que l'on a voulu faire manger avec nos fourchettes et avec nos couteaux; mais il suppléait par son intelligence à sa maladresse : lorsque les aliments qui étaient sur son assiette ne se plaçaient pas aisément sur sa cuiller, il la donnait à son voisin pour la faire remplir. Il buvait très-bien dans un verre, en le tenant entre ses deux mains. Un jour qu'après avoir reposé son verre sur la table, il vit qu'il n'était pas d'aplomb et qu'il allait tomber, il plaça sa main du côté où ce verre penchait pour le soutenir. Le premier de ces faits, qui a souvent été répété ici, a été vu de plusieurs personnes, et le second m'a été rapporté par M. Decaen. »

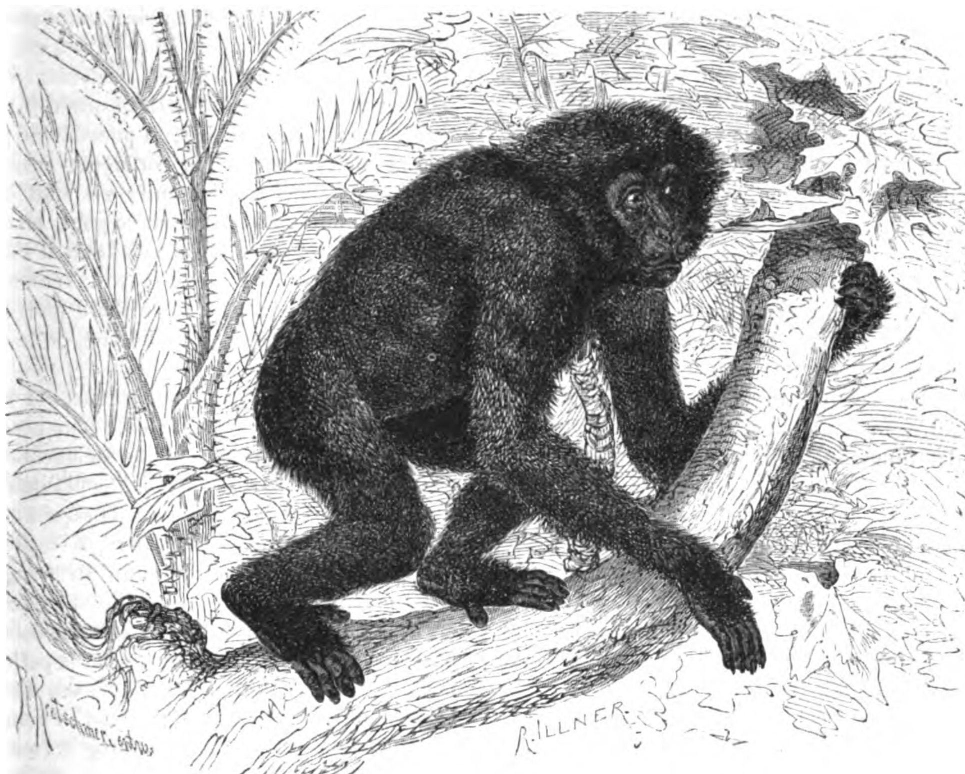


Fig. 64. — Le Gibbon siamang.

Tels sont les détails neufs et originaux dont nous sommes redevables à F. Cuvier; ceux que l'on doit au docteur Clarke Abel ne sont pas moins intéressants.

Lorsque l'Orang-outan qu'il a observé arriva à Batavia, on le laissa libre de ses actions. Quelques jours après, il fut embarqué sur le vaisseau *le César*, qui devait le transporter en Angleterre; mais lorsqu'on le prit à Bornéo pour le conduire à Java, il resta paisible tant que le petit bâtiment fut en pleine mer, et ne se livra à la violence de son caractère que lorsqu'il se vit renfermer dans une cage de bambou destinée à le transporter à terre. Il essaya de mettre en pièces les barreaux de sa cage en les secouant violemment avec les mains; mais, voyant qu'il ne pouvait en venir à bout en les prenant

en masse, il essaya de les briser isolément. Il en reconnut un plus faible que les autres, auquel il s'acharna tant qu'il tint bon; étant parvenu à le rompre, il s'échappa. Lorsqu'on l'eut conduit à bord du vaisseau *le César*, on essaya de le retenir à une chaîne fixée dans la muraille du navire par un crampon de fer; il eut bientôt brisé ce lien, et se sauva entraînant après lui cette chaîne dont la longueur, gênant ses mouvements, lui inspira la réflexion d'en rouler l'extrémité et de la jeter sur ses épaules. Après avoir plusieurs fois répété ce manége, et ennuyé de ce que cette chaîne ne restait point sur son dos, il finit par la prendre dans sa bouche, afin de fuir plus à son aise.

Après plusieurs essais tout aussi infructueux que le précédent, on renonça à tenir cet Orang-outan à l'attache, et il lui fut permis dès lors de parcourir le vaisseau au gré de ses caprices. Il ne tarda point à se familiariser avec les matelots, qu'il surpassait en agilité; c'est en vain qu'ils essayèrent fréquemment de l'atteindre en le poursuivant sur les agrès: ces jeux ne servirent qu'à montrer toute l'étendue de son adresse et la sagacité avec laquelle il savait éviter les piéges. Lorsqu'il était surpris, il cherchait à devancer ceux qui le poursuivaient; mais lorsqu'il se trouvait trop vivement pressé, il saisissait la première corde venue en se balançant hors de leur portée. D'autres fois, négligemment couché dans les haubans ou sur la tête du mât, il attendait que les matelots, qui croyaient le surprendre, fussent arrivés à le toucher : alors, par un mouvement aussi brusque que la pensée, il se jetait sur quelque manœuvre courante, et se laissait glisser comme un trait sur le tillac, ou, s'élançant sur le grand étai, il passait d'un mât à l'autre en se balançant sur les mains, de même qu'un habile funambule. En vain secouait-on avec force les cordages minces auxquels il s'accrochait, ces secousses ne l'agitaient aucunement, tant ses muscles avaient de force et de puissance pour maintenir les extrémités sur les corps qu'elles embrassaient. Parfois, lorsqu'il était de bonne humeur et en disposition de jouer, il s'élançait dans les bras du matelot courant à sa poursuite, et, après l'avoir touché de la main, il fuyait d'un bond hors de sa portée comme pour le défier de l'atteindre.

Pendant son séjour à Java, cet Orang-outan logeait dans un grand tamarinier, près de la demeure de M. Abel. Il y avait formé un lit en entrelaçant les petites branches et en les couvrant de feuilles; dans le jour, il s'y étendait nonchalamment, en ayant soin de placer sa tête hors de cette espèce de nid, afin de voir si les hommes qui passaient au-dessous ne portaient pas des fruits; car aussitôt qu'il en apercevait, il ne manquait pas de descendre afin d'en obtenir sa part. Il avait pour habitude de se coucher avec le soleil, ou plus tôt, lorsqu'il avait fait un copieux repas. Il était réveillé au jour, et sa première action était de visiter ceux dont il recevait habituellement sa nourriture.

Il paraissait faire très-peu d'attention à plusieurs petits singes de Java, ses compagnons de voyage. Une fois cependant il essaya de jeter à la mer une cage qui renfermait trois de ces animaux, et l'on suppose qu'il fut guidé dans cette action par le désir de les punir de ce qu'ils avaient reçu devant lui des aliments dont il n'avait pas eu sa part. Mais, quoiqu'il ne s'en occupât guère pendant toute la traversée, M. Abel pense qu'il était moins indifférent à leur société lorsqu'il n'était pas observé, et il fut un jour surpris sur l'avant du mât de misaine jouant avec un jeune singe mâle. Couché sur son dos et en partie couvert d'une voile, il contempla quelque temps avec une grande gravité les gambades du singe qui était au-dessus de lui; mais à la fin il l'attrapa par la queue, et essaya de le rouler dans sa couverture. L'action cependant ne paraissait pas se passer entre égaux, car l'Orang-outan ne daigna pas folâtrer avec le singe comme il faisait avec les mousses. Pourtant les singes avaient évidemment une grande prédilection pour sa société; car lorsqu'ils étaient détachés, ils allaient le trouver, et furent souvent vus s'avançant clandestinement et se cachant vers lui. Leur intimité ne s'accrut pas sensiblement, car ils parurent aussi familiers avec lui dès la première entrevue qu'à la fin du voyage.

Mais, quoique très-doux, l'Orang-outan pouvait être animé par une violente rage, qu'il exprimait en ouvrant la bouche, en montrant ses dents et en saisissant et mordant ceux qui étaient près de lui. Quelquefois il parut presque désespéré, et en deux ou trois occasions il se livra à des actes qui dans un être raisonnable auraient été regardés comme la menace d'un suicide. Si on lui refusait obstinément une orange, lorsqu'il essayait de s'en saisir, il poussait de grands cris et s'élançait en fureur sur les cordages; ensuite il revenait et essayait derechef de l'obtenir; s'il était encore joué, il se roulait comme un enfant sur le pont, jetant les cris les plus perçants. Une fois, se levant soudain, il s'élança avec fureur sur le côté du vaisseau, et disparut. Témoins de cette action, les gens du vaisseau crurent d'abord qu'il s'était élancé dans la mer; mais, après l'avoir cherché, on le trouva caché sous les chaînes des haubans.

Cet animal ne fait point les grimaces et les contorsions des autres singes, et ne possède point leur penchant à la malice. Une gravité qui approche de la mélancolie et de la douceur était fortement exprimée dans sa contenance et semblait être ses dispositions caractéristiques. Lorsqu'il se trouvait pour la première fois parmi des étrangers, il regardait pendant des heures entières autour de lui d'un air pensif, en appuyant sa tête sur sa main; et lorsqu'il était ennuyé d'être un objet de curiosité, il se cachait sous le premier meuble qui était à sa portée. Sa douceur était prouvée par la patience avec laquelle il supportait les injures même graves, et ce n'était qu'à la dernière extrémité qu'il cherchait à se venger, mais il évitait toujours ceux qui le lutinaient trop fréquemment. Il s'attacha promptement aux marins qui se conduisirent bien à son égard; il aimait beaucoup s'asseoir à leurs côtés, et, s'en approchant autant que possible, il prenait leurs mains entre ses lèvres, et réclamait vivement leur protection et leur appui. Le bosseman de l'*Alceste*, qui partageait ses repas avec lui et qui était son plus grand ami (quoiqu'il lui dérobât quelquefois son grog et son biscuit), lui apprit à manger avec une cuiller; il s'asseyait souvent à la porte de la cabane de ce maître pour prendre son café, sans être aucunement troublé par ceux qui l'observaient, et cela avec un air sobre et comique qni semblait être une parodie de la nature humaine.

Après le bosseman, M. Abel était peut-être sa connaissance la plus intime. Il le suivait constamment à la tête du mât, où il se retirait souvent pour fuir le bruit du vaisseau; et, s'étant assuré que ses poches ne contenaient point de vivres, il se couchait alors à ses côtés, et se couvrait entièrement d'une voile qu'il écartait parfois pour suivre de l'œil tous ses mouvements.

Son amusement favori à Java était de s'élancer d'arbre en arbre et sur le toit des maisons, et, dans le navire, de se

pendre par les mains aux cordes et de badiner avec les mousses. Il les excitait à jouer en les tapant avec la main lorsqu'ils passaient, et en se sauvant ensuite; ou bien il se laissait attraper, et alors s'engageaient des démêlés burlesques dans lesquels il avait recours aux mains, à ses pieds et à sa bouche. Si l'on peut tirer quelque conjecture de ces jeux et de la manière dont il attaque son adversaire, on doit penser que son premier but est de le jeter en bas, puis de s'en saisir avec ses mains et ses pieds, et alors de le blesser avec les dents.

A bord du vaisseau, il dormait ordinairement sur la tête du mât (le chouc), en s'enveloppant d'une voile. Il se donnait beaucoup de mal pour faire son lit, et ne manquait pas de le débarrasser des objets qui auraient pu rendre inégale la surface sur laquelle il voulait reposer; et, content de cet arrangement, il tirait sur lui la voile et s'étendait sur le dos. Quelquefois M. Abel s'emparait de son lit, et aiguillonnait son humeur en refusant de le lui rendre; alors il s'efforçait de tirer à lui la voile, et ne voulait se retirer que lorsqu'il était resté maître du terrain. Si le lit était assez large pour deux, il se posait tranquillement auprès de la personne qui était venue l'occuper; ou s'il arrivait que toutes les voiles fussent déferlées, il cherchait un autre objet, volait soit une veste, soit une chemise de matelot mise au sec, ou tâchait de découvrir la couverture de laine de quelque hamac. Lorsqu'on eut doublé le cap de Bonne-Espérance, il souffrit beaucoup d'une température refroidie, surtout dans les premières heures de la matinée: aussi, lorsqu'il descendait du mât, transi de froid, il courait vers un de ses amis, se jetait dans ses bras, et le serrait fortement pour se réchauffer; il poussait des cris violents, au contraire, si l'on essayait de l'éloigner.

Sa nourriture à Java consistait principalement en fruits, et surtout en mangoustans, qu'il aimait passionnément. Il suçait aussi les œufs avec voracité, et s'occupait fréquemment d'en chercher. A bord, sa nourriture n'était pas déterminée; il mangeait indifféremment toutes sortes de viandes, et surtout lorsqu'elles étaient crues; il aimait beaucoup le pain, mais il préférait les fruits lorsqu'il pouvait en obtenir. Sa boisson à Java était de l'eau; à bord elle était aussi variée que les mets qui formaient sa nourriture. Il préférait le café et le thé; mais il acceptait le vin, et prouva un goût fort vif pour les liqueurs fortes en dérobant une bouteille d'eau-de-vie au capitaine. A Londres, il préférait à toute autre substance la bière et le lait, bien qu'il bût aussi fréquemment du vin et des liqueurs.

Dans ses tentatives pour obtenir de la nourriture, il montra en plusieurs circonstances une grande sagacité et une finesse de tact peu commune. Il était toujours très-impatient de saisir ses aliments lorsqu'on les lui présentait, se mettait en colère lorsqu'on ne les lui livrait pas promptement, et poursuivait par tout le vaisseau la personne chargée de les lui donner. M. Abel allait rarement sur le pont sans avoir dans sa poche des confitures ou des fruits, et jamais il n'échappa à son œil vigilant. Quelquefois il essayait de l'éviter en montant sur le mât; mais il était toujours prévenu ou interrompu dans sa fuite. Lorsqu'il arrivait avec lui dans les haubans, il se soutenait d'un pied dans les enfléchures, et retenait ses jambes avec l'autre pied et une main, tandis qu'il fouillait dans ses poches. S'il trouvait impossible de le surprendre, il grimpait à une grande hauteur dans le gréement, et s'élançait brusquement sur lui. Enfin, apercevant son intention de descendre, il se glissait par une corde, et était en bas en même temps que lui. Quelquefois M. Abel attachait une orange au bout d'une corde, et la laissait pendre du mât sur le pont, et aussitôt qu'il voulait la saisir, il l'élevait rapidement. Après avoir été plusieurs fois trompé dans son emploi des moyens naturels, il changeait son plan. Paraissant n'y plus faire attention, il s'en allait à quelque distance, et montait tranquillement aux agrès pendant quelques minutes; puis, par un saut imprévu, il attrapait la corde qui soutenait l'orange. Si l'on retirait précipitamment la corde, il paraissait désespéré, abandonnait ses efforts, se jetait dans les cordages, et criait avec violence. Mais il revenait toujours; et, s'il était encore vaincu, il saisissait le bras afin de lui enlever l'orange.

Deux fois seulement il manifesta une grande frayeur : c'était à la vue de huit grandes tortues apportées à bord tandis que le *César* était à l'Ascension. Alors il grimpa en toute hâte sur la partie du vaisseau la plus élevée; et de là, regardant au-dessous de lui, il allongea ses longues lèvres sous la forme d'un groin, et laissa échapper en même temps un son qui peut tenir le milieu entre le coassement d'une grenouille et le grognement d'un cochon. Au bout de quelque temps il s'aventura à descendre, mais avec beaucoup de précaution, regardant continuellement les tortues; et l'on ne put jamais l'en faire approcher qu'à plusieurs toises de distance. Il monta à la même hauteur, et fit le même grognement en voyant plusieurs hommes qui se baignaient, et qui plongeaient dans la mer; et après son arrivée en Angleterre, il témoigna presque le même degré de frayeur en voyant une autre tortue vivante.

Cet Orang-outan fut conservé en Angleterre à Exeter-Change, où ses aimables qualités et sa grande douceur lui attirèrent de nombreuses visites. Jamais on n'eut à le punir ou à le tenir captif. Il témoignait la plus grande préférence à son gardien et aux personnes qui le visitaient fréquemment. Pendant sa maladie et jusqu'à l'instant de sa mort, son air suppliant semblait réclamer le secours de ceux qui l'approchaient, et tout en lui inspirait des émotions d'autant plus tristes, qu'il rappelait parfaitement les souffrances de l'homme, dont il avait jusqu'à la moindre douleur. La maladie qui l'a fait périr fut occasionnée par les dents qui sortaient de leurs alvéoles, et qui prouvent sa grande jeunesse.

C'est également durant une traversée de trois mois, d'Asie en Europe, que le capitaine Smitt a recueilli de curieuses observations sur l'Orang-outan. Aussi longtemps que le navire vogua dans les eaux de l'Asie, le singe vécut toujours sur le pont; la nuit, il se cherchait une place où il pouvait dormir tranquille. Pendant le jour il était très-éveillé, jouait avec d'autres petits singes qui se trouvaient à bord et se promenait au milieu des cordages. Il aimait à grimper et à faire des exercices de gymnastique; aussi ne manquait-il pas de monter plusieurs fois par jour dans la manœuvre. L'adresse et la force musculaire dont il faisait preuve dans ces occasions étaient réellement remarquables. Le capitaine Smitt avait emporté quelques centaines de noix de coco, et il en distribuait tous les jours deux à son singe, qui écrasait facilement entre ses puissantes dents l'enveloppe très-épaisse et excessivement coriace de ce fruit. Il prenait la noix entre ses dents par la partie pointue et un peu rugueuse, la saisissait en même temps à l'aide de la main droite de derrière et ouvrait ainsi cette écorce si coriace. Il agrandissait ensuite, à l'aide des doigts, l'une des ouvertures naturelles de la noix, buvait le lait, cassait enfin la noix en la frappant contre un objet dur, et mangeait l'amande.

Lorsque le vaisseau eut quitté les mers de la Sonde, l'Orang-outan perdit sa gaieté, et devint de plus en plus triste à mesure que la température s'abaissa. Il cessa de gambader et de jouer, n'apparaissait plus que rarement sur le pont, traînait toujours avec lui la couverture de laine de son lit, et s'en enveloppait complétement dès qu'il s'asseyait.

Dans la zone tempérée du sud, il restait presque continuellement dans la cabine et y passait souvent des heures entières à la même place, la tête entièrement cachée sous sa couverture. Il prenait toujours les plus grands soins pour faire son lit ; ne se couchait jamais sans avoir secoué deux ou trois fois son matelas et en effaçait ensuite les plis à l'aide du dos de la main. Il se couchait sur le dos, et s'entourait de la couverture de manière à ne laisser découverts que son nez et ses grosses lèvres. Il passait ainsi toute la nuit ou douze heures sans remuer.

Dans sa patrie, il se levait et se couchait avec la régularité d'une horloge. A six heures précises du matin, il s'éveillait, et, au moment où le dernier rayon de soleil avait disparu de l'horizon, c'est-à-dire à six heures du soir, il se couchait de nouveau.

A mesure que le vaisseau s'avançait vers l'ouest, les heures se modifiaient, et l'Orang-outan se couchait plus tôt, mais se levait aussi plus tôt, car jamais il ne dormait plus de douze heures. L'heure du lever du singe ne variait pas exactement avec la variation de l'heure sur le vaisseau ; cependant elle changeait avec une espèce de régularité.

Au cap de Bonne-Espérance, le singe se couchait à deux heures de l'après-midi et se levait vers deux heures et demie du matin. Il s'arrêta définitivement à ces heures, quoique l'heure vraie sur le vaisseau changeât encore de deux heures dans le cours du voyage.

Cet Orang aimait, outre les noix de coco, le sel, la viande, la farine, le sagou, etc.; il employait toutes les ruses imaginables pour se procurer un peu de viande pendant les repas. Quand il avait saisi quelque chose, il ne le rendait plus, même lorsqu'on le battait. Il avalait facilement trois à quatre livres de viande. Il se procurait de la farine à la cuisine, et savait très-bien profiter de l'absence momentanée du cuisinier pour ouvrir la caisse qui la contenait et en prendre une bonne poignée. Il s'essuyait ensuite la main sur la tête, de sorte qu'il avait toujours l'air d'être poudré en sortant de la cuisine. Le mardi et le vendredi, à huit heures précises, il faisait une visite aux matelots, parce qu'on donnait ces jours-là du sagou avec du sucre et de la cannelle à l'équipage. Il se trouvait tout aussi régulièrement dans la cabine à deux heures, pour prendre part au dîner. A table, il était très-tranquille et très-propre, contrairement à l'habitude générale des singes ; cependant on ne put jamais réussir à lui apprendre à se servir convenablement d'une cuiller. Il prenait l'assiette à la bouche et buvait sa soupe sans en verser une goutte. Il aimait beaucoup les boissons spiritueuses et recevait tous les jours un verre de vin, qu'il vidait d'une manière tout à fait particulière. Il avançait sa lèvre inférieure en lui donnant la forme d'une espèce de cuiller de trois pouces de long et de large, et assez profonde pour contenir un verre d'eau. C'est dans cette cuiller qu'il versait toujours son vin. Après avoir flairé soigneusement celui qu'on lui donnait, il formait sa cuiller, y versait le liquide et l'aspirait lentement et gravement entre ses dents, comme s'il avait eu l'intention d'en prolonger la jouissance. Il mettait souvent plusieurs minutes à l'avaler complétement, et ce n'est qu'après avoir fini qu'il présentait de nouveau son verre pour le faire remplir. Jamais il ne cassait le verre ; il le déposait toujours avec beaucoup de précaution, et se distinguait ainsi des autres singes qui brisent ordinairement tous les vases.

Cet Orang n'allait jamais debout, il appuyait toujours les deux mains sur le sol et avançait ensuite les pieds entre les mains, absolument comme un homme paralysé des jambes se meut à l'aide de béquilles. Une seule fois, le capitaine Smit lui vit prendre une position verticale contre des planches et faire ainsi quelques pas : il se tenait par les deux mains comme un enfant qui apprend à marcher. Pendant le voyage, il grimpait quelquefois sur les cordages, mais toujours d'une manière lente et réfléchie ; il ne le faisait en général que lorsqu'un de ses favoris, un autre petit singe, devait être puni pour quelque méchanceté. Le petit singe cherchait alors un abri sur la poitrine de son grand ami, et Bobi, c'est le nom de l'Orang-outan, allait promener son protégé dans les cordages, jusqu'à ce que le danger eût à peu près disparu.

Il ne faisait entendre que deux espèces de sons : un petit son faible, guttural et sifflant, qui témoignait une certaine excitation, et un cri terrible qui avait quelque rapport avec celui d'une vache effrayée et qui exprimait une grande peur. La première fois qu'il poussa ce cri, ce fut à la vue d'une bande de cachalots passant à côté du navire ; la seconde fois, à la vue de diverses couleuvres d'eau, que son maître avait rapportées de Java. L'expression de sa figure restait éternellement la même.

Un malheureux accident mit fin à la vie de ce bel animal, avant son arrivée en Allemagne. Bobi avait vu le tonnelier du vaisseau transvaser des bouteilles de rhum et avait remarqué qu'il en laissait provisoirement quelques-unes à la même place. Bobi se couchait alors déjà vers deux heures de l'après-midi. Pendant la nuit, son maître entendit dans la cabine un bruit de verres et vit à sa grande surprise son Orang-outan occupé à passer en revue les bouteilles. Bobi tenait à la main un flacon de rhum, dont il avait presque complétement avalé le contenu. Devant lui se trouvaient, bien enveloppées dans la paille, les bouteilles vides ; quant à la bouteille pleine qu'il avait fini par trouver, il l'avait très-habilement débouchée et s'était mis à satisfaire son goût prononcé pour les boissons spiritueuses. Une dizaine de minutes plus tard, Bobi devint très-animé. Il sauta sur les chaises et sur la table, fit les mouvements les plus ridicules, et se démena comme un homme ivre, et finalement un véritable fou. Il fut impossible de l'attacher. Il resta environ un quart d'heure dans cet état, puis il tomba sur le sol ; sa bouche se couvrit d'écume, et il devint roide et immobile. Quelques heures après il revint à lui ; mais il eut un violent accès de fièvre nerveuse, qui devait l'emporter bientôt. Pendant sa maladie, il n'avala que du vin avec de l'eau et les remèdes qu'on lui donnait. On lui tâta une fois le pouls ; à partir de ce moment, il tendait la main à son maître chaque fois que celui-ci s'approchait de son lit. Son regard avait alors quelque chose de si touchant et de si humain, que son gardien en fut souvent attendri. Ses forces allaient en diminuant, et le quatorzième jour il succomba à un violent accès de fièvre.

BREHM.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 11 — 15 FÉVRIER 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

CONFÉRENCE DE M. E. FERNET (1).

La Télégraphie.

Messieurs,

En entreprenant de vous parler de la télégraphie, je n'ai pas le dessein d'examiner avec vous les divers moyens qui ont été employés pour correspondre à distance, depuis que l'on a cherché à donner une grande vitesse aux nouvelles qu'il importe de faire promptement parvenir : le temps qui m'est réservé ne suffirait pas à cette tâche. Je me contenterai même de vous signaler, sans m'y arrêter, ce système si ingénieux, d'origine toute française, qui fut imaginé par les frères Chappe au commencement de la Révolution, et que la plupart d'entre vous ont vu manœuvrer sur nos édifices. Le télégraphe des frères Chappe, qu'on avait inauguré pour annoncer à la Convention une victoire de l'armée du Nord sur les Autrichiens, était arrivé promptement à un développement immense. Sans parler des pays étrangers où ce système s'était répandu, il avait couvert la France de ses postes, et son organisation était telle, qu'un signal arrivait de Brest à Paris en huit minutes, par cinquante-quatre télégraphes; un signal était transmis de Toulon à Paris par cent télégraphes, et arrivait en vingt minutes, ayant franchi une distance de 260 lieues. Deux appareils fonctionnaient à côté l'un de l'autre, et leurs signaux se rapportaient à une sorte de vocabulaire, contenant une liste de tous les mots qui pouvaient se présenter dans la correspondance : l'un des appareils indiquait la page, l'autre indiquait la ligne qui contenait le mot désigné.

Aujourd'hui ces postes sont déserts : la télégraphie électrique, quoique ses premiers essais datent de trente ans, a remplacé complétement l'ancien système. Cet abandon complet d'un matériel qui avait dû être établi à grands frais, et dans le maniement duquel on n'avait pu devenir habile que par une longue expérience, s'explique sans peine, maintenant que tout le monde connaît les prodiges accomplis par le télégraphe électrique. Les moindres avantages qu'il ait sur son prédécesseur sont, comme vous le savez, de n'être arrêté ni par la nuit ni par le brouillard; nous allons voir qu'il transmet les signaux à toutes les distances dans un temps inappréciable. Enfin, depuis qu'on a su lui ouvrir une voie au travers des mers les plus vastes, on peut dire qu'il ne lui reste plus aucun obstacle à vaincre.

C'est seulement des procédés de la télégraphie électrique que je compte vous entretenir; et encore dois-je me borner à quelques points, qui seront les suivants :

J'énoncerai d'abord les deux ou trois principes élémentaires auxquels se rapportent les appareils dont la télégraphie électrique fait usage, et j'indiquerai comment ces principes s'appliquent aux appareils usuels. — Après avoir analysé quelques-uns de ces appareils et les avoir fait fonctionner dans cette salle, où ils ne seront séparés que par quelques mètres de fils conducteurs, je montrerai comment on peut les employer, sans beaucoup plus de difficultés, à des distances quelconques sur les continents; comment, au contraire, on a rencontré dans la télégraphie sous-marine des difficultés nouvelles, qui ont conduit à modifier profondément les systèmes employés.

Permettez-moi d'abord d'adresser, en votre nom et au mien, les remercîments les plus sincères à l'administration des télégraphes, pour la libéralité avec laquelle elle nous a fourni les moyens de démonstration : à M. de Vougy, pour la bienveillance avec laquelle il m'a fourni toutes les autorisations qui m'ont été nécessaires; à M. Raymond, l'inspecteur chargé du matériel, pour la bonne grâce avec laquelle il a mis ses richesses à ma disposition.

Dès l'époque des plus anciennes expériences d'électricité, la rapidité avec laquelle on voyait se propager dans les corps *conducteurs* cet agent mystérieux qu'on a nommé le *fluide électrique* fit songer à en faire l'intermédiaire d'une correspondance qui n'aurait pas à compter avec les distances. La pile de Volta ayant fourni une source d'électricité dont les effets pouvaient se manifester à toutes les distances, une expérience due au savant danois Œrsted vint achever de donner les éléments d'une solution complète du problème, en indiquant un nouveau genre d'action exercée par l'électricité, action éminemment propre à la production rapide des signaux.

L'expérience d'Œrsted date de 1819; je vais la répéter devant vous en la modifiant un peu, de manière à vous montrer déjà, dans l'appareil simple qu'elle exige, un véritable télégraphe. — Une aiguille aimantée est placée horizontalement en équilibre sur un pivot (fig. 65); elle tend à prendre une direction fixe, qui est à peu près celle du nord au sud : c'est le principe de la boussole. Un fil métallique XY est tendu au-dessus de cette aiguille, parallèlement à la direction que je viens de définir. Dans ce fil, je vais faire passer un courant électrique, et comme il doit nous représenter une ligne télégraphique, je donne immédiatement à ses deux extrémités

(1) Voyez, dans notre tome IV, page 65, 29 décembre 1866, une autre conférence de M. Fernet sur l'*électricité appliquée aux arts*.

noms qui vont me permettre de les distinguer l'une de l'autre : l'une, X, sera l'extrémité de *départ* du signal; l'autre, Y, sera l'extrémité d'*arrivée*. — Je mets le fil, par l'extrémité d'arrivée, en communication avec la terre. La terre, c'est pour le fluide électrique ce que les physiciens ont nommé le *réservoir commun :* comme le sol est conducteur de l'électricité et qu'il a une surface immense par rapport à celle de nos appareils, nous admettons que le fluide produit dans nos expériences, dès que nous lui permettons d'arriver à la terre, s'y répand et n'y apporte jamais qu'un changement de charge électrique inappréciable; c'est, si vous le voulez, comme une goutte d'eau qui ne fait pas monter le niveau de l'Océan. — Je fais maintenant communiquer l'autre extrémité du fil, l'extrémité de départ, avec l'un des pôles d'une pile, celui qu'on appelle le pôle *positif*. Les actions chimiques qui se produisent dans la pile vont donner naissance à un *courant* continu d'électricité dans le fil, courant allant de la pile au réservoir commun, c'est-à-dire à la terre; dès que ce courant passe, et pendant tout le temps qu'il continue de passer, l'aiguille aimantée s'écarte de sa direction primitive : son pôle

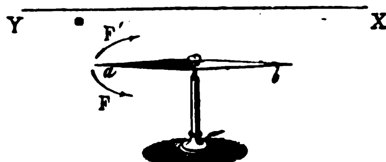


FIG. 65. — Expérience d'Œrsted.

nord *a* vient, par exemple, du côté F. L'aiguille revient, au contraire, à sa position première dès que le courant est interrompu. — Cette action exercée par le courant sur une aiguille aimantée constitue la découverte d'Œrsted.

Mais Œrsted avait aussi remarqué que le sens de la déviation de l'aiguille varie avec les conditions de l'expérience. Si, avec l'extrémité de départ, je fais maintenant communiquer le pôle *négatif* de la pile, l'aiguille est déviée en sens contraire; son pôle nord va maintenant du côté F'. Or, les physiciens admettent que le courant électrique a maintenant un sens inverse de celui qu'il avait tout à l'heure; et, pour vous faire comprendre comment on peut concevoir ce changement de sens d'un courant qui est toujours produit par une pile placée de la même manière, permettez-moi une comparaison qui, en quelques mots, nous fournira un auxiliaire précieux pour tout ce qui va suivre.

J'assimilerai ce fil, qui livre passage au fluide électrique, à un canal contenant de l'eau et présentant une écluse à chacune de ses extrémités. Le réservoir commun nous représentera une étendue d'eau illimitée, une mer immense placée à l'extrémité du canal, de façon que celui-ci puisse s'y ouvrir; quand nous faisons communiquer le fil avec la terre, nous ouvrons l'écluse de cette extrémité, et quel que soit l'état antérieur du canal, il se met de niveau avec la mer. Je représenterai maintenant les deux pôles de la pile par deux réservoirs placés à l'autre extrémité du canal; ces deux réservoirs, distincts l'un de l'autre, auront des niveaux différents : dans l'un, le niveau sera supérieur à celui du canal; dans l'autre, il sera inférieur. En établissant d'abord la communication avec le pôle positif, nous ouvrons l'écluse sur le réservoir supérieur, et il se produit un courant qui marche de ce réservoir vers la mer. Au contraire, en établissant la communication avec le pôle négatif, c'est sur le réservoir inférieur que nous ouvrons l'écluse : le courant s'établit en sens contraire, bien que la cause qui en détermine la production soit toujours placée du même côté du canal. — En revenant maintenant aux actions exercées, dans ces deux cas, par le courant électrique sur l'aiguille aimantée, je vous ferai remarquer que, puisque le courant a dans le second cas un sens inverse du premier, en déviant l'aiguille en sens inverse, il exerce en réalité sur elle une action identique.

J'ai insisté sur cette expérience, parce qu'elle va suffire pour nous faire comprendre le système des télégraphes à aiguilles aimantées, système dont l'importance s'est considérablement accrue depuis le développement de la télégraphie sous-marine, comme je l'indiquerai plus loin. Un fil métallique étant tendu d'une station à une autre, une pile étant placée à l'une des extrémités de ce fil, une aiguille aimantée à l'autre, enroulons le fil autour d'un cadre CC dans lequel sera placée l'aiguille *ab* (fig. 66). Si le courant a toujours la même

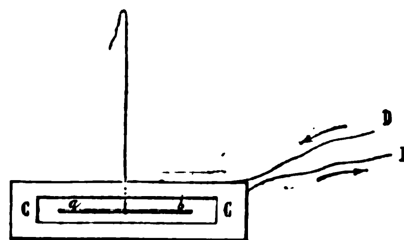


FIG. 66. — Figure théorique d'un récepteur à aiguille aimantée.

intensité et si le fil fait 300 ou 400 tours sur le cadre, l'action du courant sur l'aiguille sera 300 ou 400 fois plus énergique que ne serait celle d'un tour unique; nous aurons donc l'avantage de pouvoir opérer avec des courants plus faibles, et de voir cependant l'aiguille obéir encore rapidement. Je place maintenant d'un même côté du cadre, en avant du plan de la figure par exemple, deux timbres, voisins chacun de l'une des extrémités de l'aiguille : les courants qui sont fournis par le pôle positif de la pile, courants que j'appellerai *positifs* pour abréger, vont dévier l'aiguille de façon que l'extrémité nord *a* vienne frapper sur son timbre; les courants *négatifs* produiront une déviation inverse, et ce sera l'extrémité sud *b* qui viendra rencontrer l'autre timbre. Ces timbres ont des sons différents; dans l'appareil que j'ai fait construire pour vous le montrer en action, le timbre nord donne le *do*, le timbre sud le *sol*; il est donc facile toujours pour l'oreille de les distinguer. Et voici, par exemple, les conventions que nous pourrons faire, pour parler toutes les langues sans autres éléments. C'est à peu près le système imaginé à Munich par M. Steinheil, en 1837. — Je me place devant l'appareil, l'un des timbres à ma droite, l'autre à ma gauche. Il est convenu, par exemple, qu'un coup à droite, c'est-à-dire un *do*, suivi d'un silence, signifiera A; un coup à gauche, c'est-à-dire un *sol*, suivi d'un silence, B; un coup à droite suivi d'un coup à gauche et d'un silence, c'est-à-dire la succession *do-sol*, signifiera C; la succession *sol-do*, D, etc. On trouve ainsi qu'avec quatre coups consécutifs au plus, ou quatre notes, en variant le mode de groupement, on aura un nombre de combinaisons plus que suffisant pour toutes les lettres de l'alphabet; et bien que les sons employés soient seulement au nombre de deux, chaque groupement laissera dans l'oreille le souvenir d'une sorte de petite mélodie particulière, parfaitement intelligible avec un peu d'exercice. Pour

séparer les mots les uns des autres, on fera un silence un peu plus long entre la dernière lettre d'un mot et la première lettre du mot suivant.

Enfin, ce mode de transmission avait l'inconvénient de ne produire qu'une impression fugitive sur l'oreille, en sorte que l'employé qui écrivait la dépêche sous la dictée de l'appareil était dans l'impossibilité de la collationner pour rectifier les erreurs. M. Steinheil eut le premier l'idée de faire écrire la dépêche à l'aiguille elle-même; il lui suffit pour cela de disposer verticalement, à la place des deux timbres, une bande de papier à laquelle un moteur quelconque donnait un mouvement de translation vertical continu, et de munir chacune des extrémités de l'aiguille d'une plume chargée d'encre. Alors l'aiguille, à chacun de ses mouvements, marquait un point à droite ou un point à gauche, et ces points successifs se plaçaient d'eux-mêmes les uns au-dessous des autres, sur la feuille de papier en mouvement. Chaque silence plus ou moins long correspondait à un espacement un peu plus grand sur la bande de papier, dans le sens du mouvement lui-même. C'est là, sans contredit, un système extrêmement ingénieux, et dont la simplicité consiste, comme vous le voyez, dans l'emploi de deux signaux seulement, convenablement combinés; c'est le *système binaire*, dont nous allons voir les modifications prendre une immense importance.

J'ajouterai que c'est M. Steinheil qui a indiqué cette disposition de la ligne télégraphique, aujourd'hui la seule employée, où l'extrémité du conducteur est en communication avec la terre; jusqu'à lui, on avait cru que le courant ne pouvait passer dans un fil que si l'on avait un autre fil pour le ramener à la pile; c'est ce qu'on nommait un *fil de retour*. — Pour caractériser les services rendus par lui à la télégraphie, il suffit de comparer son télégraphe aux télégraphes à aiguilles précédents. L'illustre physicien français Ampère, qui avait eu peut-être le premier l'idée de transformer l'expérience d'Œrsted en un système télégraphique, avait proposé d'employer *vingt-cinq* aiguilles, pour les vingt-cinq lettres de l'alphabet; *il* fallait donc au moins vingt-six fils, en faisant en sorte que le même fil pût toujours servir de fil de retour. M. Wheatstone, le célèbre physicien anglais auquel la télégraphie électrique doit quelques-uns de ses plus grands progrès, et qui continue encore à enrichir chaque jour la science de magnifiques travaux, avait imaginé une combinaison ingénieuse qui réduisait le nombre des aiguilles à cinq et le nombre des fils à six. Avec une seule aiguille, le télégraphe de M. Steinheil pouvait sonner ou écrire la dépêche, et il suffisait d'un seul fil, tendu entre le point de départ et le point d'arrivée. — Ce fil peut d'ailleurs servir pour les dépêches allant, soit dans un sens, soit dans l'autre; il suffit pour cela d'alterner l'emploi des appareils aux deux stations, les deux interlocuteurs ne devant pas parler à la fois, afin de pouvoir s'entendre.

Un an après la découverte d'Œrsted, en 1820, Arago avait constaté que, lorsqu'on place un barreau de fer dans l'axe d'une bobine sur laquelle est enroulé un fil conducteur parcouru par un courant (fig. 67), ce barreau acquiert toutes les propriétés d'un aimant. Cette aimantation est d'ailleurs temporaire, elle disparaît dès que le courant cesse de passer. — Arago avait ainsi obtenu ces aimants qui peuvent dépasser en puissance tous les aimants connus jusque-là, et auxquels on donna le nom d'*électro-aimants*, pour rappeler que c'est à l'électricité qu'ils doivent toute leur vertu. Comme les aimants ordinaires, ils ont leur puissance maximum au voisinage de leurs extrémités, et, lorsqu'on veut profiter de la force attrac-

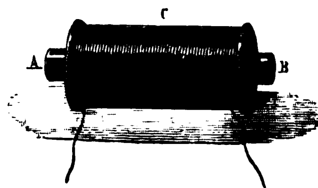


FIG. 67. — Électro-aimant (figure extraite du *Traité de physique* de MM. Drion et Fernet).

tive de ces deux extrémités à la fois, on recourbe le barreau en fer à cheval (fig. 68), de manière que les deux branches A, B,

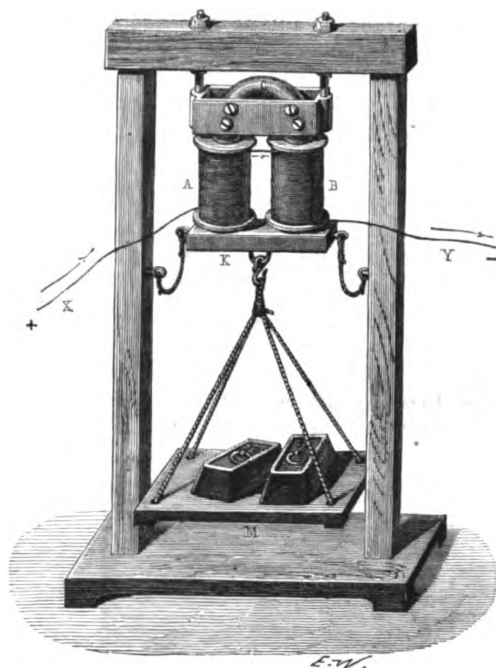


FIG. 68. — Électro-aimant en fer à cheval (figure extraite du *Traité de physique* de MM. Drion et Fernet).

environnées chacune d'une bobine traversée par le courant, puissent attirer simultanément une pièce de fer qu'on leur présente. Cette pièce de fer K prend alors le nom d'*armure* ou de *contact*. Voici un électro-aimant qui attire son armure dès que le courant passe, avec une force capable de soulever plusieurs kilogrammes, et qui l'abandonne dès que le courant est interrompu.

Vous pressentez sans peine tout le parti que l'on peut tirer de pareils résultats pour la télégraphie. Voilà une force considérable, qui va être à volonté développée ou supprimée instantanément, et cela aux distances les plus considérables : la pile étant placée à la station de départ, nous placerons à la station d'arrivée un électro-aimant dont l'armure sera une plaque de fer, placée à une petite distance de ses pôles et munie d'un ressort qui tendra à l'en maintenir éloignée. L'armure se précipitera vers l'électro-aimant dès que le courant sera établi; elle s'en éloignera, sous l'action du ressort, dès que le courant cessera de passer; et ainsi de suite. — Pour vous donner une idée de la rapidité

de mouvement que l'on pourrait ainsi atteindre, il me suffira de faire fonctionner un petit appareil, qui a été construit par M. Froment avec la délicatesse qui caractérise tous les produits sortis de ses ateliers. Ce n'est point un appareil télégraphique, il est seulement destiné à produire un mouvement de va-et-vient de l'armure aussi rapide que possible. Le mouvement est ici tellement rapide, que les oscillations produisent un son perceptible à l'oreille, et la détermination de la hauteur de ce son nous apprendrait que la petite plaque de fer exécute à peu près mille vibrations par seconde ; en une seconde, le noyau de fer acquiert et perd mille fois son aimantation.

C'est à un Américain, à M. Morse, que vint l'idée de mettre à profit les électro-aimants pour la télégraphie. Jusqu'à l'époque de cette découverte, en 1832, M. Morse s'était occupé presque exclusivement de peinture et de sculpture : c'est au retour d'un voyage fait en Europe, pour étudier les musées d'Angleterre, de France et d'Italie, et pendant la traversée, à bord du paquebot *le Sully*, que cette idée, d'abord un peu vague, arriva à se formuler nettement dans son esprit ; ses conversations à ce sujet avec les autres passagers, en l'amenant à lever les objections qu'on lui présentait, le conduisirent à se préciser à lui-même les principaux détails d'exécution, et il quitta le navire en exprimant l'espoir que son télégraphe ferait son chemin. A son arrivée à New-York, il en construisit un premier modèle, en employant comme charpente des cadres de tableaux, comme mécanisme les rouages d'une horloge grossière, et comme moteur un électro-aimant quelconque.

Dans le télégraphe du système Morse, tel qu'on le construit aujourd'hui, le *manipulateur*, c'est-à-dire l'appareil qui sert à l'employé placé à la station de départ pour envoyer la dé-

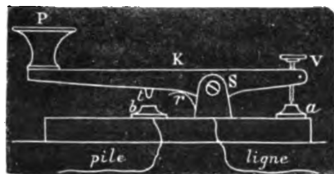


Fig. 69. — Manipulateur du télégraphe de Morse.

pêche, est un simple levier métallique PSV (1), qui est en communication permanente avec la ligne, comme le montre la figure 69. Son extrémité, soulevée par un ressort *r*, est placée au-dessus d'une sorte de borne métallique *b* communiquant avec la pile. En appuyant avec la main sur l'extrémité P de cette partie du levier, on l'amène au contact de la borne, et le courant de la pile passe sur la ligne ; dès qu'on cesse d'appuyer, le ressort *r* relève le levier, et le courant cesse de passer : c'est là toute la manœuvre, et le sens du courant envoyé sur la ligne est toujours le même. — Le *récepteur*, c'est-à-dire l'appareil situé à la station d'arrivée, présente encore, comme partie essentielle, un levier dont les mouvements doivent copier ceux du premier. Ce levier AOD (fig. 70) porte à l'une de ses extrémités une pièce de fer A, et au-dessous est installé un électro-aimant E, dont le fil reçoit les courants arrivant de la ligne : quand le courant pass l'électro-aimant abaisse vers lui la branche du levier, celle

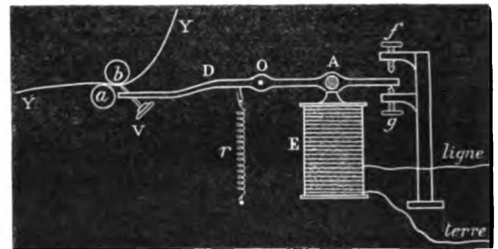


Fig. 70. — Récepteur du télégraphe de Morse.

se relève, sous l'action du ressort *r*, dès que le courant cess de passer. L'électro-aimant joue donc ici le rôle que jouait l main dans le manipulateur, et fait exécuter à ce second levi des mouvements exactement concordants avec ceux du pr mier. — Voici maintenant le langage qu'on fait parler à l'a pareil.

Les conventions qui sont adoptées aujourd'hui consiste simplement à exercer sur le levier du manipulateur tant une pression rapide produisant un coup sec, tantôt une pre sion prolongée pendant un temps appréciable. Le levier d récepteur reproduit fidèlement ces deux espèces de signau avec les nuances qui les distinguent ; c'est ce que je pu vous faire entendre de loin, à l'aide du timbre que nous avo placé au-dessus de l'extrémité du levier du récepteur. — O convient alors qu'un coup sec suivi d'un silence indiquera l lettre *e* ; deux coups secs suivis d'un silence, la lettre *i* ; u coup sec suivi d'un coup appuyé et d'un silence, la lett *a*, etc. C'est, comme vous le voyez, un emploi du systèm binaire déjà employé par M. Steinheil.

J'ai maintenant à ajouter que, dans le récepteur de M. Mors

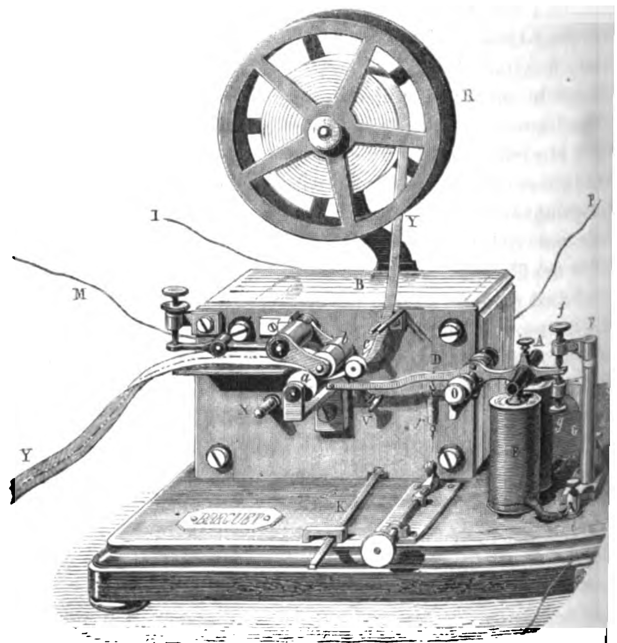


Fig. 71. — Récepteur du télégraphe de Morse (figure extraite du *Traité de physiq* de MM. Drion et Fernet).

le levier écrit la dépêche. On a placé à l'extrémité du levi qui est opposée à l'électro-aimant une pointe métallique V, qu

(1) La démonstration était donnée sur un appareil construit par MM. Digney frères, pour cette circonstance : le levier du manipulateur, ainsi que celui du récepteur, était une barre de bois ayant plus de 1 mètre de longueur. Les mouvements du récepteur étaient accusés par les coups frappés sur un timbre qui était placé à l'une de ses extrémités.

vient appuyer fortement, à chaque mouvement du levier, sur une bande de papier mue par un mouvement d'horlogerie qui est contenu dans la boîte B (fig. 71). La bande de papier, enroulée d'avance sur le tambour R, est entraînée par le mouvement des deux rouleaux *b* et *a*, et se déroule d'un mouvement continu au-dessus de la pointe : un coup sec de la pointe V y produit un point; un coup appuyé y produit une trace linéaire : le langage écrit du télégraphe de Morse consiste alors dans une combinaison de traits et de points, dont la figure 72 présente le tableau. Ces conventions sont encore universellement adoptées; seulement on doit à MM. Digney frères d'avoir remplacé la pointe métallique, qui ne pouvait laisser une trace visible qu'à la condition d'appuyer fortement, par une petite molette couverte d'encre qui laisse une trace visible sous l'action d'une pression insignifiante. — L'appareil étant construit avec tout le

· —	— · · ·	— · — ·	— · ·	·	· · — ·	— — ·
A	B	C	D	E	F	G
· · · ·	· ·	· — — —	— · —	· — · ·	— —	— ·
H	I	J	K	L	M	N
— — —	· — — ·	— — · —	· — ·	· · ·	—	· · —
O	P	Q	R	S	T	U
· · · —	· — —	— · · —	— · — —	— — · ·		
V	W	X	Y	Z		

Fig. 72. — Alphabet du système Morse.

soin et la précision qui caractérisent les appareils actuels, on arrive à passer jusqu'à vingt dépêches par heure : la dépêche étant de vingt mots, et les mots étant comptés de cinq lettres en moyenne, cette vitesse correspond à une centaine de signaux par minute. Avec une grande habitude, certains employés arrivent à une vitesse presque double.

Ce système est aujourd'hui de beaucoup le plus répandu ; il sert pour la transmission des dépêches des particuliers ou des gouvernements, et convient d'ailleurs évidemment aussi bien aux dépêches chiffrées, puisqu'on peut donner aux chiffres ou aux lettres telle signification mystérieuse que l'on veut. Il paraît exiger, au premier abord, une longue expérience : ceux qui l'ont manœuvré quelque temps y acquièrent une telle habitude, qu'il leur suffit d'écouter les mouvements du levier pour comprendre la dépêche *au son*, et que la lecture de la bande n'est plus ensuite pour eux qu'une vérification.

Un poste télégraphique, comme ceux que nous avons installés pour vous les montrer en correspondance, comprend enfin quelques autres appareils accessoires. Et d'abord, une sonnerie, que chaque employé doit laisser en communication avec la ligne, lorsque les appareils sont en repos et qu'il s'en éloigne momentanément. Cette sonnerie entrera en jeu dès qu'un courant, arrivant sur la ligne, viendra annoncer que l'autre poste demande à adresser une dépêche. Le système le plus simple est la sonnerie *à trembleur* (fig. 73); elle est disposée à peu près comme l'électro-aimant de M. Froment que nous avons fait fonctionner tout à l'heure. L'armure L d'un électro-aimant que le courant vient animer exécute des mouvements rapides de va-et-vient tant que le courant passe : cette armure est munie d'un petit marteau M qui frappe sur un timbre T dont le son peut s'entendre à une grande distance. L'employé averti répond de la même manière, et il met alors la ligne en communication avec son récepteur, sur lequel viendra s'inscrire la dépêche adressée par son correspondant.

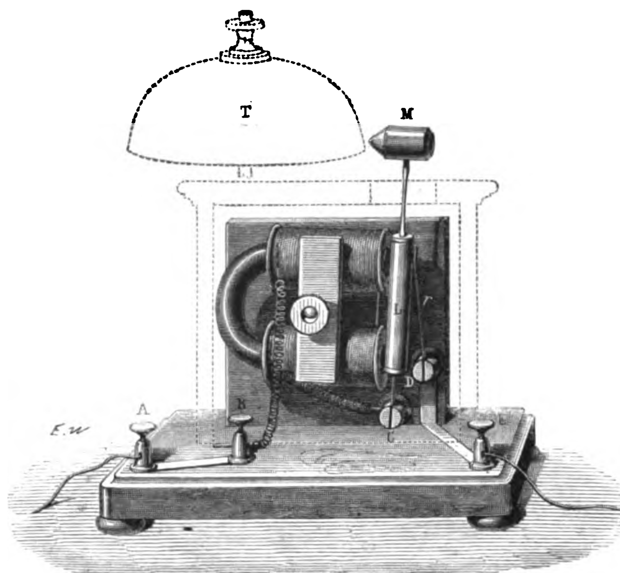


Fig. 73. — Sonnerie à trembleur (figure extraite du *Traité de physique* de MM. Drion et Fernet).

Enfin, par les temps d'orage, les fils sont souvent parcourus par des courants tellement intenses, que ces courants peuvent troubler les dépêches, détériorer les appareils, et quelquefois même faire courir des dangers aux employés. Chaque poste présente un *paratonnerre*, dont la partie principale est un fil métallique très-fin, contenu dans l'intérieur d'un tube de verre GH (fig. 74) : le courant doit traverser ce fil pour arriver de

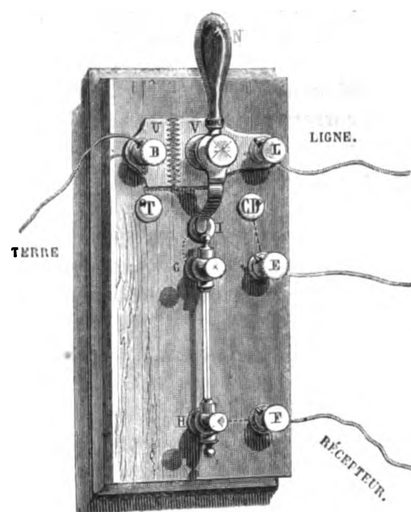


Fig. 74. — Paratonnerre (figure extraite du *Traité de physique* de MM. Drion et Fernet).

la ligne aux appareils. Si le courant acquiert une assez grande intensité, il fait rougir le fil, comme nous pouvons le faire avec une pile suffisamment intense; et enfin, si l'intensité est plus grande encore, le fil est fondu, la communication est interrompue, et les appareils sont préservés : l'employé, pour se mettre complétement à l'abri des décharges que pourrait

lui transmettre la ligne, fait alors mouvoir la poignée M, de façon à amener le ressort auquel aboutit la ligne en communication avec la terre, par le bouton T.

Maintenant, messieurs, si j'ai été assez heureux pour me faire comprendre jusqu'ici, je puis presque dire que, pour vous rendre compte du jeu des autres appareils télégraphiques employés, il vous suffira de les regarder attentivement fonctionner. Cet examen attentif et minutieux, il m'est impossible de le faire ici avec vous, faute de temps d'abord, et ensuite faute de pouvoir vous montrer de loin les pièces des mécanismes ingénieux qu'ils emploient. Mais je puis au moins indiquer, en quelques mots, comment les principes qui précèdent servent de base à la construction de quelques-uns de ces appareils.

Et d'abord, dans le télégraphe *à cadran*, dont l'idée première est due à M. Wheatstone, le récepteur (fig. 75) comprend, comme pièce essentielle, une aiguille qu'un mouvement d'horlogerie tend à faire courir d'une manière continue



FIG. 75. — Récepteur du télégraphe à cadran (figure extraite du *Traité de physique* de MM. Drion et Fernet).

sur un cadran contenant les vingt-cinq lettres de l'alphabet, et une croix qui correspond au repos. Sur l'axe de l'aiguille est montée une roue dentée, formée de vingt-six dents; cette roue ne peut se mettre en mouvement qu'autant que les dents sont successivement dégagées par une goupille fixée à l'extrémité d'un levier : les mouvements du levier sont commandés par un électro-aimant, absolument comme dans le récepteur de Morse, et s'effectuent par l'arrivée ou les interruptions du courant de la ligne. — Le manipulateur (fig. 76) est formé d'un cadran semblable, sur lequel tourne une poignée tenant lieu d'aiguille; cette poignée, à mesure qu'elle passe devant les lettres successives, fait aller et venir, par une combinaison convenable de mouvements, un autre petit levier qui établit ou supprime les communications de la pile avec la ligne, encore comme le manipulateur de Morse. Il est évident dès lors que les mouvements effectués sur le cadran de départ se reproduiront sur le cadran d'arrivée, et il suffira, pour écrire une dépêche, de s'arrêter, pendant une fraction de seconde, sur chacune des lettres que l'on voudra désigner.

L'avantage principal des indications d'un pareil télégraphe est d'être immédiatement intelligibles pour tous, en sorte que, sans aucune étude préalable, on peut l'employer à l'envoi d'une dépêche : l'expérience permet d'acquérir bientôt une telle célérité, que les employés arrivent à saisir l[e]s signaux au vol.

Et maintenant que nous avons vu fonctionner ces appareil[s], permettez-moi de me reporter un moment avec vous à un[e] époque antérieure d'un siècle à l'invention de toute espèce d[e] télégraphe électrique. Voici ce qu'écrivait, en 1732, l'abb[é] Barthélemy à la marquise du Deffant; il était à la campagn[e] chez la duchesse de Choiseul. Aux premiers mots de la lettr[e] vous verrez bien qu'il ne s'agit pas d'une invention scienti[-] fique, mais d'une pure fantaisie :

« Avec deux pendules dont les aiguilles sont égalemen[t] » aimantées, il suffit de mouvoir une de ces aiguilles pou[r] » que l'autre prenne la même direction ; de manière qu'en » faisant sonner midi à l'une, l'autre sonnera la même heure. » Supposons qu'on puisse perfectionner les aimants artificiels

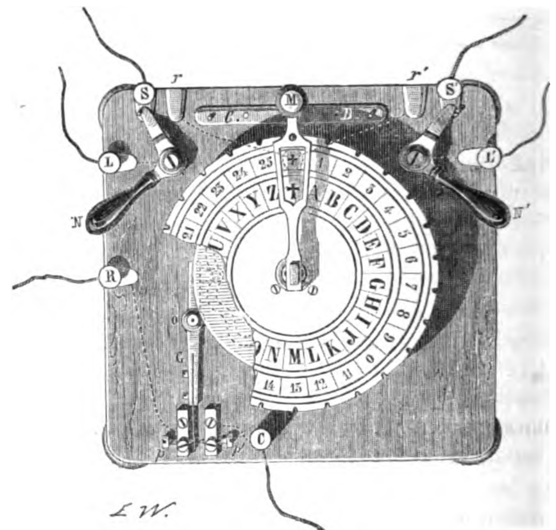


FIG. 76. — Manipulateur du télégraphe à cadran (figure extraite du *Traité de physique* de MM. Drion et Fernet).

» au point que leur vertu puisse se communiquer d'ici à » Paris ; vous aurez une de ces pendules, nous en aurons une » autre ; au lieu des heures, nous trouverons sur le cadran » les lettres de l'alphabet. Tous les jours à une certaine heure, » nous tournerons l'aiguille ; votre secrétaire assemblera les » lettres, et lira : Bonjour, chère petite fille, je vous aime » plus tendrement que jamais !.... Ce sera la grande maman » qui aura tourné. — Quand ce sera à mon tour, je dirai à » peu près la même chose. Vous sentez qu'on peut faciliter » encore l'opération, que le premier mouvement de l'aiguille » peut faire mouvoir un timbre qui m'avertira que l'oracle va » parler. Cette idée me plaît infiniment ; on la corromprait » bientôt en l'appliquant à la politique ; mais elle serait bien » agréable dans le commerce de l'amitié. »

Le principal défaut que l'on puisse reprocher au télégraphe à cadran, c'est de ne laisser qu'une impression fugitive. Le professeur *Hughes* (de New-York) a doté la télégraphie d'un appareil qui est une véritable merveille comme mécanisme, et qui imprime la dépêche en caractères ordinaires, en un temps bien moindre que le télégraphe à cadran ne l'épèle. Pour arriver à la précision nécessaire, il a fallu donner au mécanisme une complication telle, que je dois me contenter de vous montrer, sans même essayer de les décrire, deux

de ces appareils s'envoyant l'un à l'autre une conversation dont chacun imprime les demandes et les réponses. Chaque appareil porte un clavier contenant les lettres de l'alphabet, et au-dessus une petite roue, dite *roue des types*, qui tourne d'un mouvement continu et porte en saillie sur son contour les diverses lettres dans l'ordre alphabétique. Au-dessous de cette roue glisse une bande de papier. Au moment où l'on applique le doigt sur l'une des touches du clavier, un ressort soulève la bande de papier et vient l'appliquer sur la roue à l'instant précis où se présente la lettre correspondante : cette impression dure moins d'un centième de seconde, et si l'appareil qui est à la station d'arrivée marche parfaitement d'accord avec celui de la station de départ, l'impression se reproduit de même à l'arrivée. C'est ce *synchronisme* des deux appareils qui constituait la principale difficulté : il est réalisé ici, avec une perfection absolue, et chaque signal envoyé a d'ailleurs pour effet de le maintenir une fois qu'il est établi. — Le télégraphe de M. Hughes peut envoyer de quarante à soixante dépêches par heure, selon la dextérité de celui qui le manie.

Il est enfin un problème dont on n'aurait pas osé autrefois rêver la solution : c'est de transmettre par la télégraphie l'autographe même de l'expéditeur, de façon que son écriture et sa signature puissent être reconnues à la station d'arrivée. C'est cependant ce problème que résout l'appareil imaginé par l'*abbé Caselli*, appareil que je dois me contenter encore de vous montrer en action, en vous en indiquant le principe. La dépêche est écrite par l'expéditeur, avec une encre semblable à l'encre ordinaire, sur un papier métallique qui est placé ensuite sur une tablette également métallique, mise en communication avec la terre : une pointe métallique, mue par un balancier, se promène sur la feuille, comme si elle voulait la rayer en travers, depuis le haut jusqu'en bas. Cette pointe amène le courant de la pile, et quand elle touche le métal, le courant retourne à la terre dans la station de départ même; quand, la pointe touche l'encre, le courant ne peut plus aller à la terre, et il passe alors sur la ligne par une communication qui lui est ménagée sur la pointe elle-même. Imaginons maintenant à la station d'arrivée, une pointe semblable, mue par un balancier dont les mouvement concordent avec ceux du premier, et se promenant sur une feuille de papier imprégnée d'un sel que le courant décompose en produisant une teinte bleue : toutes les fois que le courant arrivera par la ligne, la décomposition du sel donnera une trace bleue, et tous ces traits parallèles, successivement superposés les uns aux autres, produiront en définitive l'aspect exact des caractères tracés à l'encre par l'expéditeur.

Les appareils dont je viens d'examiner les principaux types fonctionnent à peu près également bien à des distances quelconques, quand on les réunit par des fils conducteurs placés dans l'air, et qu'on prend soin de les isoler des poteaux par ces godets de porcelaine, qui sont connus de tous : il en est encore de même quand on place ces fils sous terre, pour les mettre à l'abri des accidents, pourvu qu'on ait soin de les isoler en les couvrant d'une couche de gutta-percha. On n'a rencontré ici que des difficultés de détail, difficultés qui ont été promptement résolues, et sur lesquelles je n'ai pas à m'arrêter.

Il n'en a pas été de même quand on a tenté d'établir la correspondance d'un rivage à un autre, au moyen d'un conducteur plongé dans l'eau qui les sépare : là, au contraire, on a trouvé des difficultés considérables et absolument nouvelles, et l'on n'a pu en triompher qu'à force de patience et de sagacité. C'est la nature de ces difficultés que je voudrais maintenant vous faire concevoir ; quand elle a été bien connue, la solution a été rapidement trouvée (1). — Je prendrai comme exemple le câble atlantique qui réunit maintenant l'Europe à l'Amérique : une cinquantaine d'autres câbles sous-marins avaient été placés avant celui-là, et pour l'installer, on a pu profiter de l'expérience acquise dans les opérations antérieures : vous verrez cependant que la grandeur de l'entreprise a tellement accru les difficultés, qu'il a fallu toute la ténacité de la nation anglaise et de la nation américaine pour la mener à bonne fin.

Un *câble sous-marin* contient dans son axe un conducteur métallique : c'est un fil de cuivre, ou plutôt un faisceau de sept fils de cuivre C, exactement juxtaposés (fig. 77). La multiplicité des fils présente cet avantage que, s'il vient à se produire quelques ruptures par les tiraillements auxquels le câble sera soumis, il y a des chances pour qu'elles ne portent pas au même endroit sur tous les fils : dès lors, le passage du courant dans la longueur du faisceau peut encore s'effectuer.—Ce conducteur doit être isolé de l'eau de mer, qui est un corps conducteur : on l'entoure de gutta-percha, ou de divers mélanges ayant des propriétés encore plus isolantes, et l'on a soin d'en mettre plusieurs couches, ainsi qu'on l'a indiqué ci-dessus en G, afin que les gerçures des unes puissent être fermées par les autres. Le conducteur avec son enveloppe isolante constitue l'*âme* du câble ; et l'on conçoit avec quel soin minutieux elle doit être fabriquée, puisque la moindre imperfection en un point, sur un câble parfait dans tout le reste de son étendue, suffirait pour amener une déperdition rendant toute transmission impossible.

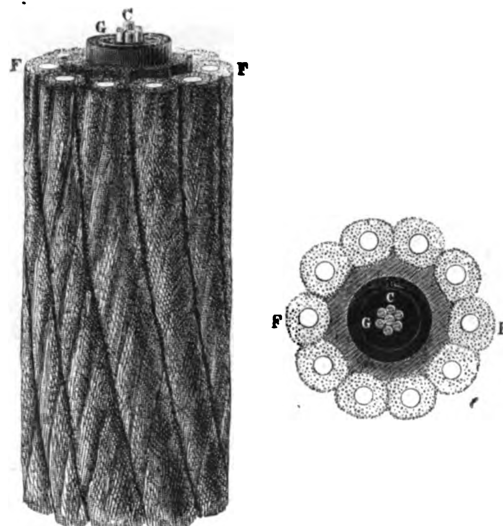


FIG. 77. — Câble atlantique de 1866 (grosseur naturelle).

L'âme est ensuite entourée d'une *armature* : c'est une

(1) Sur le télégraphe atlantique, voyez deux lectures de M. W. Thomson et une conférence de sir C. Varley, dans le présent volume, pages 65, 71 et 89, numéros des 4 et 11 janvier 1868.

couche de fils de fer F, F, environnés chacun d'une enveloppe de chanvre et tournés en spirale autour de l'âme. L'armature est destinée à soutenir et à protéger l'âme pendant la pose, à la défendre ensuite des frottements contre les rochers, et enfin à donner de la résistance au câble s'il vient à être accroché par les ancres de navires.

Les dangers que peut courir le câble une fois posé ne sont d'ailleurs pas les mêmes pour toute la longueur. Dans les mers profondes et à une grande distance des côtes, il n'a plus à craindre d'être tiraillé par les ancres de navires : il est même complétement à l'abri des frottements produits par l'agitation des flots, car on sait maintenant que, pendant les plus grandes tempêtes, il règne toujours, à partir d'une profondeur de 25 à 30 mètres, un calme parfait, contrastant avec l'agitation de la surface. On réserve donc les armatures puissantes, comme celles dont je puis vous montrer des spécimens, pour les deux extrémités voisines des côtes, pour les *bouts côtiers*. Pour toute la partie intermédiaire, on diminue

ronnée à son tour par un corps conducteur d'une immen étendue, qui est l'eau de mer elle-même. Or, on sait depu longtemps que la réunion de ces conditions donne lieu à u condensation d'électricité dans le conducteur par lequ afflue le courant, c'est-à-dire à une accumulation successi du fluide électrique dans les diverses parties de ce conducteu à mesure que le fluide y arrive. — Permettez-moi, pour fai mieux concevoir la nature des modifications que peuve apporter ces conditions nouvelles, de reprendre l'image p laquelle j'ai essayé, au commencement, de représenter le co rant électrique. J'ai assimilé le fil qui transmet le courant un canal, en communication par l'une de ses extrémités av une mer, et sur lequel on ouvrait, à l'autre extrémité, un écluse qui y laissait arriver l'eau d'un réservoir. Le réservoi ayant, par exemple, un niveau plus élevé que le canal, le flo qui s'avançait dans le canal lui-même devait former un bour relet se propageant successivement, avec une hauteur sensi blement constante, jusqu'à la mer ; il devait s'établir en

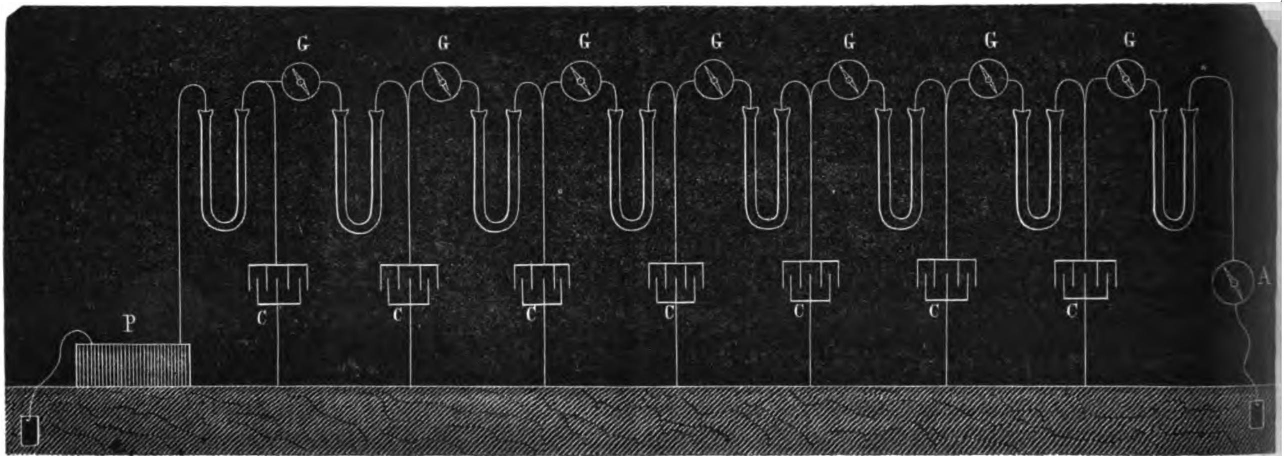


FIG. 78. — Figure théorique de l'appareil construit par M. Varley pour représenter une ligne sous-marine.

le diamètre des fils de fer, de manière à ne pas charger inutilement le navire qui doit effectuer la pose : avec une réduction aussi grande qu'on l'avait cru possible, le dernier câble atlantique, le plus léger de tous, eu égard à son diamètre (ce diamètre est reproduit exactement dans la figure 77), pesait encore 865 kilogrammes par kilomètre, c'est-à-dire en tout près de 4 millions de kilogrammes.

Voilà le conducteur, quels seront maintenant les appareils employés pour la correspondance ? Dès les premiers essais de télégraphie sous-marine, on s'aperçut que les appareils ordinaires, placés aux extrémités du câble, fonctionnent avec une extrême lenteur ; qu'un récepteur de Morse par exemple, placé à la station d'arrivée, n'obéit que très-lentement aux alternatives d'établissement et de rupture du courant produites à la station de départ, en sorte qu'il faudrait mettre de très-longs intervalles, entre les signaux qui forment une dépêche, si l'on voulait faire usage des procédés ordinaires.

Cette difficulté ne pouvant provenir que de l'action du câble lui-même, les physiciens l'attribuèrent immédiatement à un phénomène de *condensation*. — Le faisceau de fils métalliques qui est dans l'axe du câble est un corps conducteur, qui reçoit le fluide fourni par la pile : il est environné d'un corps isolant, qui est la gutta-percha, et celle-ci est envi-

suite un régime régulier, constituant ce qu'on nomme le courant. Mais supposons maintenant qu'à côté du canal et dans toute sa longueur, soient distribués des réservoirs latéraux, où l'eau doive s'accumuler dès qu'elle s'élève dans le canal lui-même : alors, le premier flot émis par le réservoir sera tellement amoindri par la pénétration de l'eau dans les canaux latéraux, qu'il sera à peine perceptible quand il arrivera à la mer. Le second flot pourra conserver sa hauteur jusqu'à une distance un peu plus grande de son origine, puisque les premiers réservoirs seront déjà en partie remplis. Enfin, quand tous les réservoirs seront successivement parvenus, en chaque point, à la même hauteur que le canal, alors, mais alors seulement, le courant pourra acquérir un régime régulier. — C'est là une image assez fidèle de l'effet produit par les condensations successives du fluide électrique dans la longueur d'un câble sous-marin.

Une disposition extrêmement ingénieuse, imaginée par M. Varley, permet en effet de se rendre compte, presque point par point, de la façon dont se comporte un pareil câble. M. Varley eut l'idée de réaliser dans son laboratoire un conducteur comparable, pour sa résistance, à celui qui devait traverser l'Atlantique, et même à un câble bien plus considérable encore, allant d'Angleterre en Australie. Pour cela, il emploie une série de colonnes liquides, placées dans des tubes

en l'réunis bout à bout par des fils conducteurs (fig. 78); chacune de ces colonnes liquides présente une énorme résistance. Entre les tubes consécutifs, il place des galvanomètres G, G..., c'est-à-dire des aiguilles aimantées dont le courant produira la déviation comme dans l'expérience d'Œrsted, et chacun de ces galvanomètres lui représente un point déterminé du câble : Gibraltar, Malte, Suez, Aden, Bombay, Calcutta, Singapore, etc. Enfin, il adjoint à cette ligne une série de condensateurs représentés en C, C..., dans la figure ci-contre; ce sont, pour reprendre l'image précédente, les réservoirs latéraux auxquels nous attribuons les particularités des câbles sous-marins. M. Varley a d'abord constaté, en effet, que cette sorte de ligne artificielle présente avec les appareils télégraphiques ordinaires toutes les difficultés des lignes sous-marines, et que, si l'on vient à supprimer les condensateurs, elle fonctionne comme une ligne aérienne. — Rien de plus facile maintenant que d'étudier directement l'allure du courant sur une pareille ligne : il suffit d'observer les galvanomètres, qui sont tous placés sous les yeux de l'expérimentateur. Lorsque le courant est lancé sur la ligne, les aiguilles aimantées se mettent en mouvement, et cela dans un intervalle de temps à peu près inappréciable. Mais le courant accusé dans les stations les plus voisines de la pile, à Gibraltar, à Malte, est assez intense; celui qui arrive aux stations éloignées, à Calcutta, à Singapore, est d'abord très-faible; puis l'intensité acquiert de proche en proche des valeurs comparables entre elles sur toute la ligne, et atteint enfin à l'extrémité australienne une valeur assez considérable. Il est donc facile de comprendre qu'un appareil de Morse, placé à l'extrémité australienne, n'obéisse que lentement dans de pareilles conditions, puisque l'armure de son électro-aimant ne peut être attirée qu'au moment où le courant a enfin acquis une intensité suffisante. — De même, quand on interrompt le courant au point de départ, il ne perd que graduellement son intensité au point d'arrivée, et l'on s'explique ainsi que l'électro-aimant n'abandonne son contact qu'au bout d'un temps appréciable. De là cette lenteur observée avec les récepteurs ordinaires, et la nécessité de trouver un autre récepteur.

Celui qui fut imaginé par M. William Thomson se compose d'un cadre sur lequel un fil métallique couvert de soie fait un grand nombre de tours (fig. 79) : au centre de ce cadre est placé, comme le montre la figure, un petit miroir circulaire sur lequel est appliqué un petit barreau aimanté. Le barreau et le fil pèsent ensemble environ 5 centigrammes, c'est-à-dire la centième partie du poids d'une pièce d'un franc ; ils sont supportés par un fil de cocon qui a un millimètre de longueur, et qui est indiqué par un trait vertical dans la figure ci-après. Avec une si petite masse, le barreau aimanté et le miroir qui le porte doivent se mettre en mouvement sous l'action des courants les plus faibles qui viennent à traverser le fil enroulé sur le cadre. Pour rendre les mouvements bien appréciables, on fait tomber sur le miroir les rayons lumineux émis par une lampe fixe : ces rayons sont renvoyés sur un écran placé à une certaine distance, et pour peu que l'aiguille et le miroir soient déviés, cette image réfléchie se déplace sur l'écran d'une quantité sensible. Enfin, ainsi que je l'ai montré en commençant, on peut produire à volonté la déviation d'un côté ou de l'autre : il suffit pour cela de mettre la ligne en communication tantôt avec le pôle positif, tantôt avec le pôle négatif de la pile. Ce récepteur peut donc donner deux espèces de signaux, se distinguant nettement l'un de l'autre ; ces signaux, groupés comme je l'ai indiqué à propos du télégraphe de Steinheil, suffisent pour désigner toutes les lettres de l'alphabet.

Voilà donc un récepteur qui a l'avantage d'obéir aux courants les plus faibles, et par suite de se mettre en mouvement dès qu'arrive la plus petite onde, c'est-à-dire à peu près au moment même où le courant est lancé sur la ligne. Mais ce n'est là jusqu'ici qu'un avantage illusoire, car la ligne artificielle de M. Varley montre, comme je l'ai dit, qu'à l'instant où une petite impulsion se produit en Australie, le courant qui est en marche sur la ligne a une intensité considérable dans les points précédents ; elle montre que l'impulsion imprimée à l'aiguille australienne va aller en croissant toujours ; elle montre, enfin, que si l'on veut envoyer de nouveaux courants, les uns positifs, les autres négatifs, avant que la ligne soit rentrée dans le repos, il y a bientôt superposition des effets produits par les flux et reflux de ces vagues alternativement de sens contraire, et confusion de tous les signaux, au point que l'aiguille aimantée, précisément à cause de sa légèreté, est comme affolée : ses mouvements n'ont plus aucun sens raisonnable.

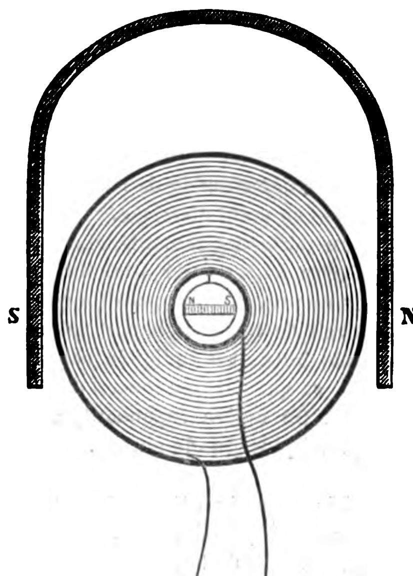


Fig. 79. — Récepteur de M. Thompson pour la télégraphie sous-marine.

M. Varley a pensé à profiter de cette superposition même des effets des courants, qui était nettement accusée par son appareil, pour ramener instantanément la ligne au repos. Le moyen employé par lui, dès 1853, est le suivant. — Supposons qu'on veuille envoyer un signal positif : on lancera dans la ligne un courant positif, puis à la suite, immédiatement et avant même que le signal ait eu le temps de se produire, un courant négatif ; l'effet du premier courant arrivera avant celui du second, mais l'aiguille aura à peine eu le temps d'en recevoir une petite impulsion, que, les deux actions contraires qui s'exercent alors sur elle se neutralisant, elle pourra revenir à sa position d'équilibre, et sera prête pour recevoir un nouveau signal, soit dans le même sens, soit en sens contraire. — J'ajouterai enfin qu'on ne s'en est pas tenu là, et qu'après une série de tâtonnements, et des recherches patientes qui ont duré dix années, M. Varley a obtenu une action encore plus

rapide sur le récepteur, une neutralisation plus complète de la ligne, en employant, au lieu de deux courants consécutifs, jusqu'à cinq courants alternativement contraires pour un même signal. Pour un signal positif, par exemple, trois courants positifs d'inégale durée, séparés les uns des autres par deux courants négatifs, pénètrent dans la ligne avant qu'aucun mouvement se manifeste à la station d'arrivée : « Il se produit » alors sur la ligne tout entière, comme le dit M. Varley, une » série de vagues alternativement positives et négatives, et le » résultat au point d'arrivée est une petite vague positive, » parfaitement distincte. » L'ordre de succession est inverse pour un signal négatif. — La force qui produit ces signaux n'est guère que la centième partie de la force maximum qui peut être développée au point d'arrivée.

Grâce à ces divers perfectionnements, et à quelques autres que je ne puis décrire ici, on a pu atteindre une vitesse de huit mots par minute : résultat qui paraît merveilleux quand on songe qu'il s'agit de mots contenant en moyenne cinq lettres, que chaque lettre est indiquée par un, deux, trois ou quatre signaux, ce qui fait une moyenne de 100 à 120 signaux par minute. On espère cependant, avec l'exercice, atteindre une rapidité plus grande encore.

J'arrive enfin à la pose du câble qui doit transmettre le courant, en m'attachant spécialement à la pose du câble atlantique, le plus grandiose de tous ces résultats obtenus par la télégraphie, et celui dont l'accomplissement a fourni le plus de péripéties.

A l'examiner d'avance, l'entreprise paraissait offrir des difficultés capables d'arrêter les plus confiants. La distance de l'Irlande à Terre-Neuve étant de plus de 3000 kilomètres, il fallait obtenir un câble de plus de 4000 kilomètres, afin de suivre toutes les sinuosités du fond de la mer; il fallait le préserver, pendant tout le temps de la fabrication, des variations de température qui auraient altéré la gutta-percha; il fallait l'enrouler à bord, dans d'immenses bassins pleins d'eau, pour conserver la gutta-percha ; il fallait enfin le faire passer doucement, au moment de la pose, de ces bassins sur une machine qui pût l'abandonner plus ou moins vite, selon la configuration du fond de la mer, tout en accélérant et ralentissant en même temps la marche du navire. La machine devait être assez puissante pour supporter le poids de plusieurs kilomètres de câbles suspendus entre elle et le fond, et assez délicate pour ralentir ou accélérer l'émission presque instantanément, mais sans choc, à chaque variation de tension qui aurait été fatale au succès.

En 1857, une première entreprise n'avait abouti qu'à un échec complet. Deux énormes navires, l'*Agamemnon* et le *Niagara*, étaient partis ensemble de l'Irlande, emportant chacun une des moitiés du câble qu'on n'aurait pu placer tout entier sur l'un d'eux. Quand le premier navire aurait achevé de dérouler son chargement, on devait faire une soudure; après quoi, le second navire aurait continué l'opération. Le câble se brisa à une petite distance des côtes, et l'on revint, au bout de quelques jours, sans avoir rien pu faire d'utile.

En 1858, les deux mêmes navires repartirent ensemble, et, cette fois, ils se rendirent d'abord avec leur chargement au milieu de l'Atlantique, effectuèrent la soudure et se mirent alors en marche, en déroulant chacun leur portion de câble, l'un vers l'Irlande, l'autre vers Terre-Neuve. On échoua à un premier voyage. On revint chercher une nouvelle portion de câble pour remplacer celui qu'on avait dû abandonner au fond de la mer, et l'on repartit encore pour opérer avec plus de précautions, mais d'une manière semblable. Toutes ces traversées sont pleines des épisodes les plus caractéristiques. J'emprunte deux de ces épisodes à un récit qui en a été fait récemment par M. Cézannes :

« Il arriva, par exemple, qu'une baleine, intriguée par le câble qui pendait à l'arrière de l'*Agamemnon*, vint jouer autour » de lui; elle battait l'eau de sa queue et faisait jaillir au loin » l'écume: on eut un moment de vives inquiétudes, mais le » monstre plongea et disparut.

» Un autre jour, les Anglais de l'*Agamemnon* aperçurent un » petit navire américain, qui filait droit sur eux ; il *était* à » craindre qu'en passant à l'arrière, il n'emportât le câble, » comme une hirondelle emporte une toile d'araignée. » Les Anglais tirèrent un coup de canon en manière d'avertissement; mais les Américains ont mauvaise tête, ils aiment » à marcher droit devant eux. Second coup de canon, et cette » fois l'Américain entend un boulet siffler par-dessus sa tête; » cela le fit réfléchir : il stoppa, et se mit à rédiger un procès-» verbal, dans lequel il prouvait clair comme le jour que » John Bull se moquait ouvertement de frère Jonathan. Cependant l'*Agamemnon* continuait sa route; les Américains » virent le câble, et comprirent de quoi il s'agissait ; ils poussèrent trois hourrahs, auxquels les Anglais répondirent par » des grognements de mauvaise humeur. »

Les deux navires touchèrent presque en même temps, l'un l'Irlande, l'autre Terre-Neuve, et ce fut le câble lui-même qui leur transmit leurs félicitations réciproques. La joie fut immense, et, à New-York, l'un des promoteurs de l'entreprise, M. Cyrus Field, fut porté en triomphe par cent mille personnes, « et si vigoureusement, dit M. Cézannes, que plusieurs semaines après on désespérait encore de sa vie. Pendant cette manifestation, l'hôtel de ville prit feu. » C'était une bagatelle, on le laissa brûler.

Malheureusement, après avoir passé quelques centaines de dépêches, le câble cessa de fonctionner régulièrement; au bout d'un mois, il fut impossible de lui faire transmettre le plus petit signal. Le désappointement fut d'autant plus cruel, que la confiance était devenue plus entière; et l'Angleterre mit sept ans à préparer une nouvelle entreprise, avec de nouveaux millions, avec un autre câble mieux fabriqué que les précédents, et avec un nouveau navire, suffisant cette fois pour porter à lui seul le câble tout entier : ce navire, il a maintenant conquis une réputation immense, c'est le *Great-Eastern*, qui partit le 23 juillet 1865, emportant à la fois le câble dans ses immenses cuves et un personnel de cinq cents personnes, occupées pour la plupart à la machinerie et à la manœuvre du navire, avec quelques passagers appartenant à la presse anglaise ou américaine.

Dans la nuit même qui suivit le départ, en essayant la portion de câble immergée, comme on le faisait toujours chemin faisant, on trouva qu'il *perdait*. Les physiciens anglais avaient donné une méthode pour trouver approximativement les points où les déperditions pouvaient avoir lieu ; la méthode fut appliquée : on releva le câble jusqu'au point indiqué, et l'on trouva une pointe de fer, enfoncée au travers de la gutta-percha jusqu'au conducteur central. On répara la blessure et l'on se remit en marche. Mais le même incident se renouvela une seconde, une troisième fois, et toujours pendant la nuit.

On mit trop de précipitation dans le relèvement du câble, et on le vit se rompre encore, aux deux tiers du chemin. On essaya de le repêcher, mais on manquait de l'outillage nécessaire pour cette opération, sur laquelle on n'avait pas compté, et, après une dizaine de jours passés à cette recherche, le *Great-Eastern* revint en Irlande.

On réunit de nouveau les administrateurs, et le lendemain les journaux de Londres publiaient l'article suivant :

« Nous pouvons affirmer qu'on a montré à cette réunion la » plus grande confiance; et qu'on ne doute pas qu'au prin- » temps prochain l'entreprise ne réussisse parfaitement. Les » Compagnies sont *déterminées* à établir une communication » entre l'Europe et l'Amérique : on va se mettre à l'œuvre, » non-seulement pour achever au printemps prochain le câble » actuel, ce qui a paru *parfaitement praticable* d'après la der- » nière expérience qui a été faite, mais encore pour en im- » merger un autre à côté. » Si l'on peut reprocher peut-être à l'opinion ainsi exprimée d'avoir un peu embelli le passé, on ne peut certainement pas lui reprocher d'avoir douté de l'avenir.

En effet, l'année suivante (1866), le *Great-Eastern* repartit, emportant à la fois un nouveau câble complet, et un bout supplémentaire pour celui de l'année précédente. Après quatorze jours de traversée (du vendredi 13 juillet au vendredi 27), il arrivait à Terre-Neuve, et soudait son câble au bout côtier qui avait été placé d'avance. Au retour, il parvenait enfin à repêcher le câble de l'année précédente, à en constater la parfaite intégrité, et à le compléter de façon à obtenir, comme résultat définitif de ce voyage, deux câbles, dont l'un pourrait suffire si l'autre venait à éprouver encore des perturbations.

A l'extrémité du câble se trouve, ne l'oubliez pas, ce récepteur de Thomson, dont le petit miroir oscille sous l'action du courant. C'est à donner le mouvement à ce petit miroir, du poids de 5 centigrammes, qu'ont abouti tous ces efforts de patience et de génie, ces cinquante millions engloutis, toute cette force mécanique dépensée : résultat bien petit, si l'on n'a égard qu'à la grandeur de la force produite; résultat immense, si l'on songe à la signification de chacun de ces mouvements qui transmettent la parole d'un continent à l'autre, le courant qui sert d'intermédiaire mettant moins de temps à franchir l'Atlantique que la voix n'en mettrait à traverser la Seine.

Et maintenant, quant aux services rendus par la télégraphie, dans toutes les parties du monde civilisé, ils ont pris un tel développement, et nous y sommes déjà tellement accoutumés, qu'il nous faut réfléchir pour les apercevoir. Combien de trains, arrêtés sur les chemins de fer par un avis télégraphié, et qui, en continuant leur route, auraient produit des rencontres redoutables ! Combien de ports, prévenus par le télégraphe de la marche d'un ouragan qui est encore à plusieurs centaines de lieues, et où l'on pourra prendre les précautions nécessaires pour prévenir les sinistres ! Combien de villages situés sur les fleuves, avertis de la crue des eaux assez tôt pour sauver la vie des individus, et souvent même pour préserver une partie des richesses agricoles ! Enfin, pour les gouvernements ou pour les particuliers, telle nouvelle, apprise quelques jours plus tôt, peut modifier les résolutions, de manière à faire éviter la perte de plusieurs millions, ou à arrêter une démarche dont les conséquences seront incalculables. La télégraphie, en enfermant dans un réseau à mailles de plus en plus serrées les diverses parties des continents, a supprimé les distances : la pose du câble atlantique est venue réunir les réseaux qui couvraient déjà les deux mondes, et cet ensemble constitue certainement l'une des œuvres les plus grandes que la science ait accomplies au profit de l'humanité.

ÉM. FERNET.

ÉRUPTIONS SOUS-MARINES DES AÇORES (1).

L'archipel des Açores, depuis l'époque de sa découverte par les Portugais, a été bouleversé bien des fois par des phénomènes volcaniques d'une grande intensité, qui ne sont que la continuation d'un état de choses dont l'origine remonte à la fin de la période tertiaire. Dans le cours des quatre derniers siècles, de violentes éruptions y ont eu lieu, les unes à l'air libre, sur le sol même des îles, les autres au fond de la mer, dans leur intervalle. Les premières sont celles dont les effets ont été les plus durables. Dans les îles de San-Miguel, de Terceira, de San-Jorge, de Fayal et de Pico, elles ont élevé de nombreux cônes de scories noirâtres, creusé de profonds cratères, et déversé à la surface du sol de larges courants de lave basaltique, que la végétation n'a le plus souvent envahis qu'avec peine, malgré la douceur et l'humidité du climat. Les éruptions de la même époque, qui se sont produites au sein de la mer, ordinairement à peu de distance des côtes, ont aussi donné naissance à des épanchements de lave et engendré des amas coniques de scories; mais toutes ces productions ont été fort instables. Tantôt la partie culminante des cônes de nouvelle formation est restée au-dessous du niveau des eaux, tantôt elle s'est montrée au-dessus de la surface des flots, sous l'apparence d'îlots plus ou moins étendus; mais, dans tous les cas, ces amas étant presque entièrement composés de matériaux meubles, l'agitation des vagues les mine et les démantèle, leurs débris se répandent dans les bas-fonds avoisinants, et au bout d'un temps quelquefois très-court, on ne constate souvent sur le lieu de leur emplacement qu'un relèvement peu appréciable du fond de la mer. La rapidité plus ou moins grande de ce travail de destruction dépend d'une foule de causes: de la position du siége de l'éruption, de son intensité, de l'étendue qu'elle occupe, de la distribution des courants marins tout alentour, de la puissance des marées, de la direction habituelle des vents, et de beaucoup d'autres causes d'inégale influence; mais on peut dire d'une façon générale, que c'est seulement dans les premiers temps qui suivent l'évolution d'une éruption sous-marine, que les cônes nouvellement formés peuvent se montrer dans toute leur intégrité. A peine les feux souterrains ont-ils achevé leur œuvre de construction, que déjà l'eau a commencé à opérer la ruine du récent édifice.

Ce qui vient de se passer dans le courant de l'été dernier, auprès de l'île de Terceira, peut être regardé comme offrant un exemple complet de ce genre de phénomènes, car il s'y

(1) Sur les récentes éruptions volcaniques des Açores, voyez dans notre tome IV, pages 623 et 784, numeros des 24 août et 2 novembre 1867. — Voyez dans notre tome III, page 553 (21 juillet 1866), une conférence de M. Fouqué sur l'*éruption d'une île volcanique à Santorin*. — Voyez aussi tome III, page 727 (29 septembre 1866), un article sur les *phénomènes chimiques des volcans*.

est produit une éruption en mer, à peu de distance de la côte; des matières scoriacées ont été projetées en abondance, elles se sont entassées autour de leurs orifices de sortie, et au bout de quelques mois, les éléments de cette accumulation avaient été assez dispersés par le mouvement des vagues pour que les sondages effectués sur l'emplacement de leur dépôt primitif n'y aient indiqué aucune variation notable dans la profondeur de la mer, telle qu'elle était connue auparavant d'après les sondages effectués en 1844 par le capitaine Vidal de la marine anglaise.

Les premiers signes de convulsions souterraines se sont manifestés plusieurs mois avant l'apparition des explosions. Des tremblements de terre d'abord faibles et peu nombreux ont ébranlé le sol dans la partie occidentale de l'île de Terceira, dès la fin du mois de décembre 1866. Le village de Serreta, situé dans cette partie de l'île, à une petite distance du rivage, en face de l'endroit où, quelques mois plus tard, l'éruption devait avoir lieu, a eu particulièrement à souffrir des commotions souterraines. Depuis le commencement du mois de janvier 1867 jusqu'au 15 mars suivant, les secousses de tremblement de terre s'y sont fait sentir plusieurs fois chaque jour. Dans les premiers temps ces ébranlements du sol étaient assez faibles pour ne causer aucun dommage sérieux. Les habitants de Serreta et des villages voisins, très-effrayés d'abord, n'avaient pas tardé à se rassurer, et leurs inquiétudes s'étaient surtout dissipées pendant une période de tranquillité, étendue du 15 mars au 17 avril, durant laquelle on n'avait ressenti aucune commotion. Mais, à partir du 17 avril, les secousses se sont multipliées de plus en plus, en augmentant en même temps rapidement d'intensité. Pendant le mois de mai, on en a observé de huit à douze par jour, et à partir du 25 mai jusqu'au 2 juin, on en a compté plus de cinquante dans certaines journées. Ces commotions, sensibles d'abord seulement à Serreta ou dans le voisinage de cette localité, se sont chaque jour étendues davantage, et à la fin du mois de mai, on les ressentait dans l'île de Terceira tout entière. Leur maximum d'intensité était toujours sur le bord de la mer, près de Serreta; les maisons de ce village ont été lézardées, quelques-unes même renversées, et les chemins se sont trouvés encombrés par les débris des murs de clôture avoisinants. La population de Serreta et de quelques autres villages de la région occidentale de l'île avait quitté ses habitations dès le commencement du mois de mai, et campait dans les jardins, sous des tentes. Chaque secousse débutait par un choc vertical de bas en haut, comme si, dans les profondeurs de la terre, une impulsion brusque venait frapper subitement les couches superficielles du sol sur leur face profonde. Ce mouvement vertical presque instantané était suivi immédiatement d'un mouvement horizontal oscillatoire beaucoup plus prolongé, dirigé sensiblement du nord-ouest au sud-est. Chaque jour, les habitants des villages menacés se réunissaient pour prier devant la porte de leurs églises, et toutes les fois qu'une secousse nouvelle avait lieu, une scène de frayeur, toujours la même, se reproduisait. Au début de la commotion, la sensation du choc vertical arrachait un cri simultané de toutes les poitrines; puis un silence complet, durant lequel chacun, plein d'anxiété, respirait à peine, régnait pendant tout le temps de l'oscillation horizontale consécutive. Les huit ou dix secondes que durait cette scène d'angoisse semblaient pour chacun se prolonger bien au delà de leur durée réelle.

La secousse la plus énergique a eu lieu le 1[er] juin, à huit heures du matin; elle a déterminé la chute de plusieurs pans de murailles et fortement endommagé la plupart des constructions jusque-là restées intactes. Des fentes se sont produites dans le sol sur le bord des ravins, et des blocs de rochers se sont détachés des hauteurs de la montagne de Santa-Barbara, qui domine la côte ouest de l'île, et ont roulé avec fracas sur les pentes. On évalue à quatre-vingts le nombre des maisons ruinées dans le village de Serreta, et s'il n'y a pas eu de morts à déplorer, cela doit être attribué surtout à ce que la plupart des habitations avaient été abandonnées. Quelques personnes seulement ont reçu des blessures légères.

Dans la nuit du 1[er] au 2 juin, huit détonations très-fortes, semblables à des décharges d'artillerie, se sont fait entendre, dans un court intervalle de temps, et le matin du 2 juin, à la pointe du jour, on a vu les premiers signes de l'éruption. La mer présentait, sur une grande étendue, une coloration d'un vert jaunâtre, et à une distance d'environ trois milles de la côte on distinguait un bouillonnement intermittent, qui d'abord était faible et ne se manifestait qu'à de longs intervalles, mais qui s'est accru peu à peu et a atteint son maximum le 5 juin. Le 2 juin, vers neuf heures du soir, on a vu, trois fois dans l'intervalle d'un quart d'heure, l'eau s'élever à une grande hauteur sous la forme d'un jet vertical, en un point situé entre la côte de Terceira et l'endroit principal du bouillonnement observé pendant la journée. Les jours suivants, le même phénomène s'est reproduit un grand nombre de fois en se développant. Le 5 juin, on pouvait observer simultanément six ou sept énormes colonnes composées d'eau chaude et de vapeur d'eau jaillissant avec impétuosité au-dessus du niveau de la mer et ne se courbant par l'action du vent qu'à une hauteur de plusieurs centaines de mètres, sous la forme d'un épais nuage de fumées blanches. Ces puissantes émissions de vapeur et d'eau chaude étaient accompagnées de projections nombreuses de scories noirâtres, dont la coloration foncée tranchait nettement sur la blancheur éclatante des jets aquifères. Quelques blocs scoriacés ainsi lancés paraissaient posséder exceptionnellement un volume de plusieurs mètres cubes; le volume de la plupart semblait ne pas dépasser la grosseur du poing. Ceux qui se trouvaient engagés au milieu d'une colonne de vapeur montaient ordinairement fort haut, sous l'impulsion des fluides élastiques qui les enveloppaient; mais ceux que l'on voyait apparaître sur le pourtour d'un jet s'élevaient beaucoup moins; le plus souvent ils s'écartaient bientôt obliquement, en décrivant une courbe peu étendue au-dessus de la surface de l'eau, et formaient une sorte de couronne au pied du jet vertical dont ils partaient. L'emplacement de ces phénomènes grandioses n'était pas absolument fixe; la sortie des vapeurs sous la forme d'une colonne blanchâtre se faisait tantôt en un point, tantôt en un autre, mais toujours dans un espace elliptique limité, d'environ 5 kilomètres de longueur et de 1 kilomètre de largeur. Le grand axe de cette ellipse était dirigé sensiblement de l'est 10 degrés nord à l'ouest 10 degrés sud, et quelquefois tous les jets se montraient en même temps, distribués sur cette ligne à des distances inégales les unes des autres. Les plus considérables, qui étaient aussi les plus impétueux, étaient ceux dont la position semblait le moins varier. La situation du principal d'entre eux correspondait sensiblement à l'emplacement où l'on avait observé le 2 juin les premiers bouillonnements de la mer. Des sifflements aigus

des détonations terribles, comparables aux éclats de la foudre et redoublés par les échos des falaises de la côte de Terceira, accompagnaient la formation des jets de vapeur et l'expulsion des scories. A une distance de plus de dix milles, l'eau de la mer était colorée de teintes diverses, vertes, jaunes, rouges, dues à la présence de sels de fer en dissolution. L'odeur pénétrante de l'acide sulfhydrique était très-prononcée, et, s'il est vrai, comme l'affirment les gens du pays, que l'on ait vu surnager à la surface de la mer du soufre sous la forme d'un précipité blanc jaunâtre, il faudrait attribuer ce fait à la décomposition du gaz sulfhydrique au contact de l'air. Du reste, nulle trace de flammes, nulle incandescence, et dans l'obscurité de la nuit le fracas des explosions pouvait seul révéler l'existence de l'éruption.

L'amas sous-marin formé par l'accumulation des scories ne s'est pas élevé jusqu'au niveau de la mer, ce que l'on peut expliquer par la grande profondeur de l'eau dans les points où s'est opéré le dépôt des matériaux rejetés par le volcan, et aussi par la courte durée des phénomènes. A partir du 2 juin, les secousses de tremblement de terre, sans cesser complétement, sont devenues très-rares et assez faibles pour ne plus inspirer aucune inquiétude; et, quant à l'éruption elle-même, dès le soir du 5 juin, elle était en décroissance, la projection des gros blocs avait cessé. Le 7 juin, il n'y avait plus aucune pierre lancée, et le même jour, vers dix heures du soir, les vapeurs elles-mêmes avaient disparu. La période véritablement active de l'éruption a donc en tout duré sept jours. Deux mois après, il n'en restait plus d'autre signe qu'un faible dégagement de gaz combustible composé d'un mélange de protocarbure d'hydrogène, d'azote et d'oxygène. Cette manifestation ultime n'était évidemment que la continuation d'un phénomène de même nature, qui avait dû présenter sa plus grande intensité au moment du maximum d'activité volcanique. Mais, chose digne de remarque, ce dégagement gazeux s'opérait non pas au lieu du centre de l'éruption, mais à *l'une des* extrémités de l'espace elliptique qui en avait été *le siége*; il était formé par une myriade de petites bulles qui s'échappaient par bouffées toutes les quatre ou cinq minutes, dans un espace d'un rayon d'environ 10 mètres. Sur cet emplacement, le point d'apparition des bulles variait tellement, qu'il a été très-difficile de recueillir le gaz, même en profitant d'une belle journée et d'un calme parfait de la mer. Il est probable qu'aujourd'hui ce phénomène a complétement cessé; il ne doit donc plus rien rester de l'éruption, puisqu'au mois de septembre, déjà la mer avait repris sa profondeur antérieure, et que les déjections du volcan avaient été dispersées par les flots.

Les phénomènes que nous venons de décrire ne sont que la reproduction atténuée de ceux qui ont été observés, au commencement de notre siècle, en un autre point de l'archipel des Açores. Nous allons reproduire brièvement le détail de ces faits plus anciens. En rappelant ici des événements géologiques de même nature que celui qui vient d'avoir lieu récemment et d'importance plus grande, nous ferons mieux saisir les caractères de ce dernier.

Le 1er février 1811, à une distance d'un mille et demi à deux milles de la pointe occidentale de l'île de San-Miguel, on vit jaillir de la mer une colonne de feu et de fumée assez haute pour qu'on pût l'apercevoir à plusieurs milles de distance du côté de l'est, malgré l'interposition de quelques collines passablement élevées. Depuis plus de six mois on avait ressenti des secousses de tremblement de terre, qui, à la fin du mois de janvier 1811, avaient acquis une grande fréquence et une redoutable intensité. Pendant huit jours, des dégagements violents de gaz et de vapeurs continuèrent à s'opérer à des intervalles de temps d'inégale durée; l'odeur de l'acide sulfhydrique infectait l'air dans toute la partie occidentale de l'île de San-Miguel. Le 9 février, tout rentrait dans l'état de calme ordinaire. Les déjections du nouveau volcan n'avaient pas été vomies en quantité suffisante pour que leur amas apparût au-dessus du niveau de la mer, mais elles avaient formé un banc très-considérable que les vagues ont peu à peu rongé et diminué de hauteur et d'étendue depuis lors.

Le 14 juin de la même année, dans la matinée, une autre éruption sous-marine beaucoup plus forte commença près de là, à un mille de la côte nord-nord-ouest de l'île de San-Miguel. La veille, au milieu de la journée, on avait senti une violente secousse de tremblement de terre, qui avait surtout ébranlé la partie occidentale de l'île; un grand nombre de maisons avaient été renversées et des masses de roches éboulées encombraient les chemins. La soirée du 14 juin se passa sans nouveau phénomène, mais le lendemain les explosions recommencèrent. Le 16 juin, elles devinrent plus fortes; le 17 et le 18, l'éruption atteignit son maximum d'intensité. Le capitaine Tillard, commandant de la frégate anglaise *Sabrina*, qui aborda à cette époque à l'île de San-Miguel et vit de près le volcan nouveau, le décrit dans les termes suivants: « Une » masse épaisse de fumée s'élevait au-dessus de la mer, et pré» sentait l'apparence d'un nuage arrondi tournoyant sur lui» même comme une roue horizontale et se développant sous » l'action du vent. Tout à coup on vit se dresser une colonne » de lapilli noirâtres, de cendres et de pierres ressemblant à la » tour d'un clocher; puis une seconde, une troisième, une » quatrième. Chaque jet surpassait le précédent en hauteur » et en impétuosité; le dernier n'avait pas moins de six cents » à sept cents pieds d'élévation. Lorsque la force de projection » diminuait et que le mouvement d'expulsion venait à s'arrê» ter presque entièrement, les colonnes chassées au dehors se » divisaient en différentes masses composées de longues traî» nées de vapeur d'un blanc mat mélangées d'une fine pous» sière de cendres, de manière à représenter tantôt un fais» ceau de plumes d'autruche blanches et noires, tantôt un » voile de deuil avec ses plis mous et pendants. Des éclairs » étincelants partaient sans cesse du milieu des fumées volca» niques; celles-ci, en montant, se déroulaient sous la forme » de nuages et s'étalaient au souffle du vent en aspirant des » trombes d'eau. Dans l'après-midi du même jour, on vit pa» raître, au-dessus de la mer, une éminence qui, en trois » heures, s'accrut tellement, que l'on y distingua bientôt un » cratère complet de quatre cents à cinq cents pieds de dia» mètre, dont le bord le plus élevé était à vingt pieds au» dessus du niveau de l'eau. Les grandes explosions étaient » accompagnées de légères secousses du sol et d'un bruit sem» blable à celui du tonnerre. A une heure environ, eut lieu » une éruption d'une violence extraordinaire, qui dura pres» que vingt minutes, et obscurcit l'air dans un espace circu» laire de plusieurs milles géographiques. Pendant ce temps, » les éclairs brillaient d'un plus vif éclat; des blocs pierreux » incandescents étaient projetés dans les airs et retombaient » dans la mer en sifflant. Une secousse du sol détachait sous

» les yeux de l'observateur une partie des rochers de la côte » et les précipitait dans la mer.

» Le 19 juin, le volcan, très-accru, formait une sorte de mon- » tagne. Les éclairs étaient devenus rares, mais quelquefois » on voyait jaillir une flamme comme d'une fonderie de » verre, et jusqu'au soir il y eut encore de temps en temps » des explosions. Pendant la nuit suivante, le volcan fut tran- » quille, et le 22 les éruptions avaient complétement cessé, » mais des nuages de vapeur sortaient encore continuelle- » ment des profondeurs brûlantes du cratère.

» Le 1er juillet, le capitaine Tillard constata que l'îlot, arrivé » à son terme de croissance, avait alors 80 mètres de hauteur » au-dessus du niveau de la mer. Il aborda sur une plage » étroite de cendre volcanique au-dessus de laquelle les pen- » tes de l'éminence étaient si escarpées, qu'elles étaient inac- » cessibles en beaucoup de points, tandis que dans d'autres » l'ascension était empêchée par la haute température du sol. » L'inclinaison de la pente au-dessous de l'eau n'était guère » moindre, car, à une distance du bord égale à la longueur » d'une barque, on trouvait déjà sept brasses de profondeur, » et à une distance de soixante à quatre-vingt-dix pieds, les » sondages indiquaient une profondeur de vingt-cinq brasses. » D'après le temps nécessaire pour faire le tour de l'îlot, on » trouva que sa circonférence n'avait pas moins d'un mille » de développement. Le cratère avait son bord du côté de » l'île de San-Miguel, à peu près au niveau de la mer; il était » rempli d'eau en ébullition qui coulait au dehors sous la » forme d'un mince courant. Au point où cette eau commen- » çait à se mêler avec celle de la mer, elle était encore si » chaude, qu'on ne pouvait y plonger le doigt un seul instant. » L'îlot était entièrement composé de cendres et de matières » poreuses, au milieu desquelles on ne voyait qu'exception- » nellement des masses compactes ou des laves pierreuses. Ce » nouvel îlot, auquel on avait donné le nom de *Sabrina*, dis- » parut bientôt sous les vagues, et en 1844 le capitaine Vidal » a trouvé une profondeur de quinze brasses au lieu de son » emplacement. »

Avant la découverte des Açores, il y a eu, dans le voisinage de ces îles, plusieurs éruptions sous-marines plus considérables encore que celles dont nous venons de rappeler la description. Aussi trouve-t-on encore aujourd'hui, dans ces parages, un grand nombre d'îlots plus ou moins étendus, qui ne sont autre chose que d'anciens cônes volcaniques formés par des explosions sous-marines et depuis lontemps en voie de destruction. Ceux de ces cônes qui sont les plus rapprochés du rivage d'une des grandes îles du groupe açorien sont ordinairement les mieux conservés, parce que, protégés du côté de la terre et quelquefois même exposés seulement du côté de la pleine mer, ils n'ont offert prise à l'action des eaux que sur une portion de leur contour. Ces cas se présentent surtout pour les cônes éruptifs assez rapprochés du rivage d'une île pour y être réunis par une étroite presqu'île. Le mont Brazil à Terceira, le mont Guia et le Castello-Branco à Fayal, sont des exemples remarquables de cet état de conservation de cratères d'origine sous-marine.

Le mont Brazil présente, à son sommet, une crête circulaire échancrée vers le sud, dont le point culminant est à 209 mètres au-dessus du niveau de la mer; l'intérieur en est creusé d'un large et profond cratère, dont le fond est couvert de champs et de jardins. Ce cône est formé d'un tuf volcanique jaunâtre, au milieu duquel on trouve des fossiles d'époque géologique moderne. Il est relié à l'île de Terceira par un isthme peu élevé, constitué par des coulées de lave basaltique et des cendres. Il abrite comme une énorme jetée naturelle le port d'Angra, qui s'enfonce entre lui et la côte de Terceira. Du côté de la pleine mer, il a été sapé à sa base par l'action des vagues, et ne présente, par suite, que de hautes falaises inaccessibles. Du côté opposé, il est surmonté d'une forteresse qui a été bâtie il y a trois siècles par les Espagnols, à l'époque où le Portugal était annexé à l'Espagne, et qui récemment, en 1832, a été le point de départ et le centre de l'insurrection à laquelle le Portugal doit l'introduction du régime constitutionnel et l'établissement de la famille aujourd'hui régnante.

Le mont Guia, à la pointe sud-est de Fayal, offre la même constitution géologique et la même disposition orographique que le mont Brazil, avec cette différence que le fond de son cratère est situé au-dessous du niveau de la mer et non au-dessus, et comme en même temps son bord supérieur est déchiré du côté sud à une grande profondeur, il en résulte que les navires peuvent entrer dans l'intérieur même de sa cavité centrale, désignée sous le nom de *Caldeira do inferno* (Chaudière de l'enfer), à cause de sa forme et des sombres couleurs de l'enceinte escarpée qui l'entoure. La hauteur maxima du mont Guia au-dessus du niveau de la mer est d'environ 200 mètres.

Le cône de Castello-Branco est moins élevé que les deux précédents; sa hauteur est de 160 mètres. Le fond de son cratère est à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau de la mer. Bien qu'il soit plus petit que le mont Brazil et que le Guia, et certainement d'une époque géologique antérieure, il est tout aussi bien conservé qu'eux, ce qui doit être attribué à la nature exceptionnelle des matériaux qui le composent. En effet, au lieu d'être formé de matières meubles, il est principalement composé d'énormes masses de laves trachytiques qui ont été dénudées par la mer, et qui se montrent aujourd'hui sur le contour extérieur du cône sous l'apparence d'un épais amas de rochers divisés régulièrement par des fentes parallèles verticales. L'isthme qui réunit le cône de Castello-Branco à l'île de Fayal est une étroite chaussée trachytique haute d'environ 40 mètres au-dessus du niveau de la mer et large seulement de 3 ou 4. La surface en est très-fortement inclinée, et l'on ne s'aventure guère sans une certaine appréhension sur ce passage resserré et dénudé, que les flots de la mer viennent battre et ébranler de chaque côté. Sur le point culminant de l'arête du cône existait autrefois un monastère dont les ruines subsistent encore. Le fond du cratère est cultivé.

Dans les trois exemples particuliers que nous venons d'examiner, nous avons eu affaire à des volcans d'origine sous-marine, qui se présentent dans un état d'intégrité presque complet. Ce haut degré de conservation n'est pas le cas le plus ordinaire. Le plus souvent la destruction des cônes éruptifs d'origine sous-marine se trouve actuellement plus ou moins avancée. Il n'est pas rare d'observer, dans l'archipel des Açores, à peu de distance des îles, des amas volumineux noirâtres, d'apparence souvent irrégulière au premier abord, formés de scories et de lapilli. Or, ces amas que la mer désagrége chaque jour et dont elle emporte au loin les débris, sont des fragments de cônes d'éruptions sous-marines. En examinant ces restes avec soin, on voit que, non-seulement ils sont composés des mêmes éléments que les cônes les plus ré-

gulièrement conformés, mais encore ces éléments y sont toujours stratifiés en couches minces, comme dans les amas de déjections modernes. On peut même assez facilement, dans la plupart des cas, distinguer quelle est la partie d'un cône volcanique à laquelle appartiennent les restes encore subsistants, et déterminer l'emplacement d'un cratère dont l'enceinte est maintenant en grande partie détruite. Le cas que l'on observe le plus généralement est celui dans lequel les efforts de la mer sont parvenus à ouvrir les deux bords opposés d'un cratère et à diviser le cône ambiant en deux moitiés le plus souvent inégales. Cette séparation s'opère toujours suivant une certaine direction particulière en relation avec la fissure initiale qui a déterminé l'éruption. Les récifs de Magdalena, près de Pico, ceux de Villa-Franca et de Mosteiros, près de San-Miguel, ceux de Cabras, près de Terceira, sont des exemples de cette disposition. L'intervalle qui existe entre les fragments séparés est quelquefois très-petit et ne forme qu'un étroit canal élargi seulement en son milieu. Les récifs de Cabras, qui présentent cette configuration spéciale, doivent à cette circonstance d'avoir été le théâtre d'une lutte navale singulière pendant la guerre civile des États-Unis. Un navire anglais qui portait de la contrebande de guerre destinée aux États du Sud se trouvait poursuivi près de Terceira par le *Kersage*, bâtiment de guerre américain, le même qui, quelques mois plus tard, a coulé le corsaire *Alabama* en vue de Cherbourg. Il eut l'idée de profiter de la disposition des récifs de Cabras pour échapper à son ennemi qui allait l'atteindre. Plus petit et plus élancé que son adversaire, il pouvait passer entre les deux débris du cône que le *Kersage* était obligé de contourner pour le poursuivre. Il eut ainsi le temps de jeter à la mer les munitions qu'il transportait, et ne fut pris que quelques heures plus tard, quand il quitta la passe qui lui servait de refuge.

Des considérations précédemment exposées, on peut conclure que les dépôts engendrés dans les éruptions sous-marines sont soumis à certaines lois générales, soit dans leur mode de formation, soit dans leur mode de destruction. Ces lois, nous avons eu ici pour but, non de les formuler, mais simplement de les faire entrevoir. Nous avons voulu aussi en même temps montrer que la récente éruption des Açores n'était qu'un cas particulier et relativement peu important d'un genre de phénomènes souvent beaucoup plus intenses.

F. Fouqué.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Éclipse totale de soleil du 18 aout 1868. — M. Le Verrier et M. Faye ont exposé à l'Académie des sciences les préparatifs de la science française pour l'observation de cette grande éclipse, la plus importante du siècle.

« Le 18 août prochain, dit M. Le Verrier, aura lieu l'une des éclipses de soleil les plus remarquables qu'il soit donné d'observer. Elle sera totale sur une ligne de parcours que nous allons indiquer, et la durée de l'obscurité sera, pour certains lieux, relativement considérable.

» La ligne de l'éclipse centrale passe tout près d'Aden, puis se dirige à travers la mer vers l'Indoustan, sur lequel elle pénètre à la hauteur de Kolapour, un peu au-dessus de Goa. Elle traverse toute la contrée de l'ouest à l'est et en ressort près de Masulipatam. Elle s'étend alors sur le golfe du Bengale, passe au nord des îles Andaman, traverse la partie nord de la presqu'île de Malacca, le golfe de Siam, la pointe de Cambodje, le nord de Bornéo et des Célèbes, et vient longer le sud de la Nouvelle-Guinée.

» La longue durée de l'obscurité est due à plusieurs causes. La Lune n'est qu'à six heures de son périgée, tandis que le Soleil n'est pas loin de son apogée : double condition qui fait que le diamètre apparent de la Lune est grand et que le diamètre apparent du Soleil n'est que de 9 secondes d'arc au-dessus de son minimum. Le diamètre apparent de la Lune est encore accru dans les régions pour lesquelles le phénomène se produit vers le zénith, ainsi que cela a lieu pour la partie du golfe de Siam, et en particulier pour la pointe de Cambodje. La durée de l'obscurité totale s'élève, dans cette région, jusqu'à 6ᵐ 46ˢ, et est encore de 6ᵐ 40ˢ pour le Cambodje.

» Aden n'est point propice pour l'observation : le Soleil est trop près de l'horizon, et la durée du phénomène est trop courte. D'ailleurs, Aden ne se trouve pas lui-même sur la ligne centrale; il faudrait se transporter un peu au nord, ce qui, en raison de l'état du pays, offrirait sans doute de grandes difficultés.

» Les Anglais se préparent naturellement à observer le phénomène dans l'Indoustan (voyez notre numéro du 17 janvier dernier, ci-dessus, page 108).

» La pointe de Cambodje, qui dépend de notre possession de Saïgon, doit attirer l'attention de la France. Grâce à notre établissement et au concours actif et éclairé que la marine impériale ne manquerait pas de donner à une entreprise scientifique, il serait possible de se rendre, par terre ou autrement, en partant de Saïgon, au point désigné, et de s'y installer à l'avance pour préparer les observations qu'on voudrait entreprendre. Il faudrait tout d'abord assurer une bonne détermination de la latitude et de l'heure du lieu, travail qui serait parfaitement placé entre les mains des marins. L'observation astronomique des phases d'entrée et de sortie conduirait à une nouvelle détermination du diamètre du soleil et aussi à une mesure précise de la longitude géographique du lieu, résultats qui ne seraient point sans intérêt. Lorsque le moment de l'éclipse totale approcherait et que les cornes seraient réduites à un simple filet lumineux, l'analyse spectrale de la lumière du soleil prendrait une grande importance, et il en serait de même après la fin de l'obscurité.

» Quelques minutes avant que la lumière du soleil ait complétement disparu, il faudra déjà se préoccuper de s'assurer si dans les endroits propices du contour du disque on n'apercevrait pas quelque trace de ce qu'on appelle les protubérances lumineuses. Dès qu'on aura saisi une d'entre elles, il faudra la suivre avec une grande attention, même après le retour de la lumière du soleil, si cela est possible, et constater si son déplacement la rattache effectivement au disque du soleil. Ces derniers travaux pourront s'effectuer de deux manières, ou par des observations et des mesures directes, ou par des impressions photographiques prises successivement à des instants bien connus.

» Très-malheureusement on se trouve, au 18 août, en pleine mousson du sud-ouest. Les Anglais estiment que cette condition laisse peu de chances d'obtenir des observations sur la côte ouest de l'Indoustan et que ce sera seulement à l'est des versants montagneux qu'on pourra espérer un ciel propice aux observations. Par les mêmes raisons, la pointe de Cambodje, si admirablement située, quant aux conditions astronomiques, laisse, au point de vue météorologique, les pressentiments les plus fâcheux. Serait-il sage d'aller concentrer, dans ces régions basses et que rien ne couvre contre le vent du sud-ouest, des moyens puissants d'observation qui pourraient, au moment voulu, être réduits à l'impuissance, ainsi que cela est arrivé au mois de mars 1867, auprès de Naples, à ceux qui s'y sont transportés pour l'observation de l'éclipse annulaire ?

» La presqu'île de Malacca, au point où elle est traversée par la ligne centrale de l'éclipse, a une largeur de trente à quarante lieues, et elle court du nord au sud. La côte ouest est évidemment soumise complétement à l'influence de la mousson. La

presqu'île est toutefois traversée dans toute sa longueur par une chaîne de hautes montagnes, et l'on peut se demander si l'influence de cette chaîne ne protégerait pas la côte est d'une manière suffisante pour qu'on pût s'y placer avec quelque chance de succès. En admettant qu'il en fût ainsi, une autre question surgirait. Cette côte est-elle accessible, et, avec le secours de la marine, les observateurs pourraient-ils s'y établir pendant le temps nécessaire à la préparation et à l'exécution des observations?...

» Le Bureau des longitudes, dit M. Faye, s'est fortement préoccupé de l'éclipse du 18 août prochain, dont il a fait calculer les phases et dont il a présenté, il y a deux ans, les détails astronomiques et géographiques sur une carte annexée à la *Connaissance des temps pour* 1868. Déjà, à l'occasion de l'éclipse annulaire du 6 mars dernier, le Bureau des Longitudes avait donné à M. Janssen la mission spéciale d'aller observer les circonstances physiques de ce phénomène, en lui indiquant ses *desiderata*. Grâce au choix de la station que le Bureau avait désignée sur les bords de l'Adriatique, cet habile physicien a pu obtenir les plus intéressants résultats, alors que les autres observateurs, qui s'étaient postés de l'autre côté des Apennins, ont vu leurs préparatifs échouer par suite des mauvais temps qui régnaient sur le bassin de la Méditerranée. Nous avions chargé M. Janssen de faire à cette occasion la *première* application de l'analyse spectrale à une éclipse de soleil.

» Dans les circonstances ordinaires, il est impossible d'obtenir dans toute leur pureté les spectres des différentes parties du disque du soleil, car l'atmosphère terrestre, si vivement illuminée dans la région du ciel où se trouve cet astre, mélange partout la lumière du centre avec celle des bords, et s'oppose ainsi à toute conclusion décisive sur cette dernière. Mais cet obstacle insurmontable disparaît momentanément dans les éclipses annulaires, parce que la lune fait alors fonction d'écran et ne laisse pénétrer dans notre atmosphère que les rayons émis par les bords extrêmes. La question était de savoir si ces deux spectres, pris dans toute leur pureté, diffèrent comme semble l'indiquer la théorie, et en tout cas de comparer ces deux spectres sous quelque rapport décisif.

» M. Janssen, éclairé par une tentative déjà ancienne du même genre, due à M. Forbes, mais faite à une époque où, ce que nous nommons aujourd'hui l'analyse spectrale n'existant pas, nos questions actuelles n'auraient même pu être posées, M. Janssen, dis-je, a eu recours à un procédé d'une délicatesse extrême. Au lieu de s'adresser aux plus belles raies solaires du spectre, il a choisi certains groupes de raies faibles et grisâtres, de la riche série de celles qui sont dues à la présence du fer dans la masse solaire, et s'est attaché, pendant l'éclipse du 6 mars, à Trani, à comparer minutieusement ces groupes dans les deux spectres successifs du centre et du bord. Le raisonnement qui l'a guidé dans ce choix est au fond le même qui sert à distinguer les raies telluriques des raies solaires : les premières, pâles et grisâtres quand le soleil est au zénith, se foncent et se multiplient quand le soleil se rapproche de l'horizon. Eh bien, pour l'atmosphère solaire, le même phénomène ne se produit pas ; que les rayons lumineux traversent cette atmosphère normalement ou sous une incidence très-faible de quelques degrés (1), il n'en résulte aucune modification dans le spectre, même en prenant pour témoins les raies les plus délicates sur lesquelles le moindre changement d'intensité doit être perceptible. Voilà un fait important dont la connaissance est entièrement due à M. Janssen et à l'initiative prise, dans cette circonstance, par le Bureau des longitudes (2).

» Ces résultats nous encourageaient naturellement à suivre la même voie pour l'éclipse prochaine, éclipse si remarquable entre toutes par la longue durée de l'obscurité totale. Mais ici la question s'élargit singulièrement. L'analyse spectrale s'appliquera, non plus à la radiation directe de la photosphère, mais à l'auréole et aux protubérances lumineuses. Peut-être les heureux observateurs de ce beau phénomène seront-ils témoins du renversement partiel du spectre solaire ; peut-être un spectre à raies lumineuses spéciales viendra-t-il se superposer au spectre habituel ; peut-être les raies noires seront-elles toutes remplacées par des raies lumineuses, brillant chacune de leur couleur propre. Ce serait le triomphe complet de la magnifique théorie spectrale de MM. Bunsen et Kirchhoff, et il suffit sans doute de la seule espérance d'un pareil spectacle pour légitimer tous nos efforts. Mais le Bureau des longitudes compte obtenir plus encore du zèle et de l'habileté du savant physicien qui s'est créé en France une spécialité par l'étude approfondie de ce nouveau monde de faits à la fois délicats et décisifs qui s'appelle *le spectre solaire*; aussi a-t-il résolu, dès le retour de M. Janssen, de procurer à ce physicien les moyens d'aller de nouveau observer aux Indes la plus belle éclipse de notre siècle. Les instructions sont prêtes ; le choix des instruments est arrêté, et la station a été choisie (Masulipatam) d'après les conseils des savants amiraux que le Bureau compte dans son sein (1) ; et si nos ressources étaient insuffisantes, le Bureau n'hésiterait pas à s'adresser à S. Exc. M. le ministre de l'instruction publique, et à faire appel à sa sollicitude bien connue pour tous les progrès. Quant à la partie astronomique, le Bureau, se reposant naturellement sur l'initiative de l'Observatoire, s'en est moins préoccupé. Il n'a pas perdu de vue toutefois ce qu'on peut attendre du concours des savants officiers de la marine de l'État et de nos grandes lignes de paquebots dans la mer des Indes ; nous nous sommes souvenus que c'est aux officiers de notre marine que l'astronomie doit les premiers dessins authentiques du phénomène si curieux de l'auréole (précisément dans la mer des Indes), et que c'est un amiral espagnol (Ulloa) qui le premier a signalé ces apparitions lumineuses des éclipses totales où la science voit encore un problème, mais un problème aujourd'hui bien voisin de sa solution. Notre savant président, M. le maréchal Vaillant, a bien voulu se faire l'interprète du Bureau des longitudes auprès de ses collègues de la marine et des finances, et a déjà reçu l'assurance que les instructions rédigées par le Bureau seraient recommandées à l'attention et au zèle des officiers qui pourront se trouver dans les parages parcourus par l'ombre de la lune, au 18 août prochain.

» M. de Quatrefages fait observer qu'il ne faudrait pas s'arrêter à la presqu'île de Malacca, dans la poursuite d'un phénomène aussi rare et aussi remarquable que celui dont se préoccupent en ce moment les astronomes. L'archipel indien peut offrir encore des stations favorables. Les savants hollandais fourniraient probablement des renseignements certains sur les chances de beau temps que présentent ces contrées, même à l'époque de la mousson du sud-ouest, et certainement le gouvernement hollandais serait heureux de favoriser les études de nos savants, alors même qu'il organiserait de son côté quelque expédition analogue. »

(1) La portion annulaire du disque du soleil, à laquelle s'appliquent les observations de M. Janssen, était réduite à une épaisseur d'environ trente secondes.

(2) M. Janssen a constaté, en outre, qu'au moment de l'éclipse annulaire, les raies telluriques, si peu marquées d'ordinaire au zénith, étaient au contraire très-nettement accusées dans cette région du ciel. Il en a conclu que la lumière zénithale présentait à ce moment une proportion beaucoup plus forte qu'à l'ordinaire de rayons provenant des régions basses de l'atmosphère. Cette conclusion confirme définitivement l'explication que M. Arago avait proposée pour la couleur olivâtre qui se substitue, pendant les éclipses, à l'azur du ciel, et revêt tous les objets d'une teinte lugubre.

(1) Évidemment les astronomes anglais devront choisir leur poste dans la même région ; mais la mission confiée à M. Janssen, par sa spécialité même, ne risque pas de faire double emploi avec les entreprises beaucoup plus générales et d'un caractère plus astronomique que nos savants voisins ne manqueront pas d'organiser sur la plus grande échelle, au centre et sur les limites de l'ombre lunaire, avec le concours des officiers de l'armée des Indes.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 12 — 22 FÉVRIER 1868

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE.

Discours du lieutenant général Sabine.

SOMMAIRE. — Les publications de la Société royale. — Observations météorologiques. — Le service de prévision des orages. — Le télescope de Melbourne. — La nébuleuse d'Orion. — Les observations de l'éclipse totale de soleil du 18 août 1868. — Observations magnétiques et météorologiques de l'île Maurice et de Bombay. — Mesure d'un arc de méridien dans l'Afrique australe, par M. *Maclear*. — Recherches sur le coton-poudre, par M. *Abel*. — Flore du Groenland. — Travaux embryologiques de M. *von Baer*. — Recherches de chimie agricole de MM. *J. B. Lawes* et *J. H. Gilbert*. — Géologie du Canada, par M. *W. Logan*.

Messieurs,

L'année qui s'est écoulée depuis la dernière fois que j'ai eu l'occasion de m'adresser à vous a été pour nous féconde en deuils. La mort nous a enlevé trois de nos membres les plus illustres et les plus respectés (1). Deux de ces éminents collègues étaient mes prédécesseurs dans ce fauteuil, et, il y a quelques mois à peine, nous pouvions espérer qu'ils avaient encore de nombreuses années à vivre au service de la science. Quant à Faraday, un des plus grands noms qui figurent dans nos annales, il y a longtemps que sa santé, de plus en plus *précaire*, nous interdisait l'espoir de le conserver longtemps parmi nous. Nous nous contenterons aujourd'hui de déplorer ensemble les pertes que nous avons éprouvées ; car vous pourrez bientôt lire dans le recueil de nos éloges funèbres, avec l'intérêt qu'elles méritent, les biographies de ces hommes distingués. Je suis heureux de pouvoir vous annoncer que ces vies seront bientôt entre vos mains; même une faible tentative de ma part pour m'acquitter convenablement du devoir de célébrer la gloire de ces grands hommes, ce que j'aurais été obligé de faire, quelque peu capable que je me trouve de bien exécuter une pareille tâche, aurait occupé la plus grande partie, sinon tout le temps que nous allons consacrer à nos travaux ordinaires.

Je dois donc commencer par résumer la part que la Société royale a prise cette année dans le progrès des sciences.

— Au dernier anniversaire, j'ai donné un résumé du progrès obtenu dans l'impression du *Catalogue des mémoires scientifiques*. Je suis heureux de vous annoncer que le premier volume est devant nous, prêt à être publié (1). Il comprend une portion de la première partie du catalogue dans laquelle les titres sont rangés par ordre alphabétique, suivant les noms d'auteurs, et s'étendent depuis A jusqu'à CLU. Il est précédé par une préface explicative, par une introduction et par la liste des ouvrages périodiques dont les titres ont été extraits, avec les abréviations dont on s'est servi pour les désigner. J'ai à peine besoin de vous faire remarquer combien de fois il arrive que l'apparition d'un volume d'une série est sujette à des délais que ne rencontrent pas les volumes suivants. C'est ce qui arrive dans ce cas, et nous pouvons maintenant affirmer avec confiance que l'ouvrage marchera rapidement et sans interruption.

Vous savez que cette collection s'imprime au Bureau de l'imprimerie de Sa Majesté, et que des mesures seront prises, avec l'approbation du gouvernement, pour distribuer un certain nombre d'exemplaires aux institutions scientifiques et à certaines personnes, tandis que le reste sera mis en vente à un prix qui couvrira les frais d'impression.

— L'attention du président et du conseil a été encore très-occupée l'année dernière à faciliter, sur la requête du gouvernement de Sa Majesté, la réorganisation du département météorologique du *Board of Trade*, et à arrêter les arrangements préliminaires d'un système de météorologie terrestre britannique, pour le mettre en exercice sous l'autorité de cette administration (2).

Dans mon discours anniversaire de l'année dernière, j'ai exposé devant vous, autant que le temps m'a permis de le faire, les raisons qui ont conduit le gouvernement et la Société royale à désirer l'établissement dans ce pays d'observatoires météorologiques publics sur un plan systématique et combiné pour obtenir une connaissance de la météorologie de notre pays plus complète que nous ne la possédons maintenant.

Le plan qui a été proposé, à la sollicitation du *Bureau du commerce*, consiste à établir six ou sept observatoires bien distribués sur toute la surface des îles Britanniques et possédant des instruments enregistreurs sur le modèle de ceux

(1) Michel Faraday, William Parsons, comte de Rosse, célèbre par le fameux télescope dont il fit un si brillant usage, et lord Wrottesley. Ces deux derniers eurent l'honneur d'être nommés présidents de la Société royale d'Angleterre. Il faut joindre à ces trois notabilités sir William Snow Harris, très-connu par des expériences sur l'électricité, et un savant américain, Alexandre Dallas Bache, qui figurait sur la liste des membres étrangers. Alexandre Dallas Bache s'est surtout distingué par ses travaux sur le pouvoir magnétique du globe.

(1) La rédaction de ce catalogue a été commencée, il y a quelques années, par la Société royale. On ne doit pas le confondre avec celui que publie périodiquement le *Bureau des patentes de Londres*, et qui est spécial aux publications reçues par cet établissement. Ce second catalogue, rédigé par ordre chronologique, est semblable, quant à l'objet, à celui que publient les commissaires des brevets à Berlin. — Rien de pareil ne se fait en France.

(2) Voyez, dans le compte rendu de la dernière [illegible] *Association Britannique*, la discussion à laquelle a do[illegible] des signaux relatifs à la prévision du temps (ci-de[illegible] janvier 1868).

dont on se sert à l'observatoire de Kew. Ces observatoires transmettront à un office central le résultat de leurs observations de la température, de la pression, de l'état électrique et hygrométrique de l'air. Là, sous la direction générale d'un comité d'hommes de science, ces observations seront soumises à des réductions, des combinaisons, et appliquées à l'étude générale des phénomènes.

Le gouvernement, agissant avec une prudente réserve, se décida à soumettre ces suggestions, aussi bien que toutes les fonctions du département météorologique du Bureau du commerce (*Board of Trade*), telles qu'elles existaient alors, à un comité d'hommes de science et de pratique. Il se réserva la nomination de tous les membres, un seul excepté, qui dut être désigné par la Société royale.

La proposition, dont je viens de parler, d'établir un petit nombre d'observatoires météorologiques avec des instruments enregistreurs pour noter d'une façon complète, exacte et continue, les phénomènes météorologiques dans des conditions choisies à l'avance, a été reçue par le comité de la façon la plus favorable, la plus enthousiaste. Les membres l'ont considérée comme étant le plus sûr moyen de procurer une base convenable pour la discussion des variations du temps dans les îles Britanniques. Le rapport considère les instruments enregistreurs comme d'une utilité éminente, aussi bien locale qu'internationale. On pense que l'établissement en Angleterre d'observatoires munis de ces appareils produira des effets excellents, qu'ils donneront de la précision et de la clarté à nos cartes du temps, qu'ils montreront un exemple que les gouvernements étrangers suivront probablement bientôt (1). Ces instruments donneront aux météorologistes, sous une forme très-commode, les moyens de discuter les phénomènes qui ont lieu, soit en Angleterre, soit à l'étranger.

Le *Board of Trade*, après avoir pris l'avis de l'Amirauté et de la Trésorerie, adopta le rapport du comité, dans une circulaire datée du 29 novembre 1866. En même temps, cette administration demanda à la Société royale si elle voulait nommer un comité de ses membres pour organiser *gratuitement* les observatoires dont la construction était recommandée, et prendre la direction générale du département météorologique.

La Société royale n'a point hésité un seul instant à accepter le service public qu'on lui proposait, et, le 13 décembre 1866, on nomma un comité de huit membres chargés de se dévouer aux devoirs onéreux et difficiles imposés par une tâche pareille. On demanda à ce comité un devis, qu'il s'empressa de donner, des dépenses probables de l'organisation et de l'entretien annuel de ces observatoires. En août 1867, la chambre des communes a voté les fonds nécessaires, et j'ai la satisfaction d'annoncer, au nom du comité, que les observateurs commencent leurs opérations avec des instruments enregisteurs, préparés et vérifiés à Kew en janvier 1868, c'est-à-dire moins de six mois après le vote des fonds. Ces instruments, maniés par un personnel éprouvé, seront situés à Falmouth, à Kew, à Stonyhurst, à Armagh et à Glasgow. Les stations d'Aberdeen et de Valentia seront ajoutées un mois ou deux plus tard à la liste.

Les sommes votées en août 1867 seront suffisantes pour l'organisation et l'entretien de ces sept stations météorologiques jusqu'au 31 mars 1868, qui est la fin de l'année financière. Le sort de ces observatoires dépendra nécessairement du gouvernement, qui doit demander les fonds nécessaires à partir de cette époque, et de la chambre des communes, qui doit les accorder.

Le comité directeur de la Société royale est également disposé à ces deux alternatives : de continuer ses soins, ou de considérer son honorable tâche comme terminée.

Dans le premier cas, il considérera comme son devoir de décrire les variations du temps à mesure qu'elles seront constatées dans des enregistreurs continus, placés dans des stations bien choisies, de les étudier au point de vue des télégrammes, de les envoyer dans les ports, de les comparer avec les renseignements reçus d'autres contrées. On espère ainsi parvenir à mettre graduellement les météorologistes en état de prévoir le temps futur, en s'appuyant sur une base large et sur laquelle on puisse compter.

Le rapport du comité du *Board of Trade* contient plusieurs propositions importantes relatives à la manière dont il faut se servir des documents accumulés dans les archives de son département météorologique, si l'on veut en extraire les informations qu'il peut donner sur la statistique météorologique de l'Océan, et particulièrement des districts maritimes fréquentés par la marine britannique. Cette grande branche des recherches météorologiques, si éminemment utile pour une grande nation maritime et commerciale, a été très-particulièrement recommandée à l'attention du gouvernement de Sa Majesté par une lettre du président et du conseil de la Société royale en date du 22 février 1855. Dans l'établissement ultérieur du département météorologique du Bureau du commerce, on l'a considérée comme étant un des principaux devoirs de l'administration ainsi constituée. Le résultat de cette organisation a été la réunion d'une masse considérable de documents renfermés dans les livres de loch des vaisseaux auxquels on a donné des instruments et des instructions. Mais on paraît avoir gagné comparativement peu de terrain dans le labeur nécessaire pour extraire, collationner, combiner et discuter les matériaux précieux que l'on a ainsi obtenus. Le travail pour recueillir de nouveaux documents, et discuter ou arranger les informations qui sont déjà dans le département météorologique, ou celles qui viendront dans la suite, a été repris. Il s'exécute sous la direction générale du comité de la Société royale, profitant des précieuses remarques contenues dans le rapport du *Board of Trade*. Ceci forme la seconde partie des devoirs dont nos collègues auront à s'occuper.

Une troisième branche du nouveau service consiste dans les tentatives à faire pour que les navigateurs puissent profiter des renseignements sur l'état du temps, qui arrivent rapidement, par voie télégraphique, aux différents points de la côte. Une copie de ces renseignements est transmise par la première poste après la réception du télégramme à tous les ports qui manifestent l'intention de la recevoir.

Si les autorités d'un port quelconque désirent des informations *télégraphiques*, on les leur transmet aussitôt après la réception, à condition de payer la moitié du télégramme, et d'indiquer au juste la nature des renseignements dont ils croient pouvoir tirer profit.

(1) Dans la séance de l'Académie des sciences de Paris du 3 février 1868, M. Le Verrier a annoncé qu'il avait pris des mesures pour profiter de la nouvelle organisation de la météorologie britannique. Les deux services français et anglais se sont réunis pour faire les frais d'une dépêche quotidienne de Terre-Neuve.

Enfin, le comité a pris des dispositions pour envoyer *franco*, à tous les ports qui croiront en avoir besoin, des télégrammes annonçant toutes les perturbations atmosphériques dont il peut avoir connaissance. Ces télégrammes seront conçus, par exemple, comme il suit : « Orage venant de l'ouest, à Penzance et sur les côtes du sud. »

On compte qu'en recevant un message de cette nature, les autorités locales arboreront un morceau de canevas taillé en carré comme avertissement général que quelque trouble atmosphérique est à redouter. En voyant ce signal, les commandants des navires, ou les autres personnes intéressées, peuvent apprendre par des enquêtes faites à l'office local, ou par d'autres arrangements, la nature précise des informations reçues, ainsi que toutes les particularités additionnelles qui ont été expédiées du bureau central.

Tout le monde doit comprendre clairement que tout message télégraphique donnant un avertissement ne dit que ceci : « *Il y a une perturbation atmosphérique sérieuse le long d'un certain district de côtes, et, par conséquent, un danger peut en menacer d'autres.* »

C'est un arrangement analogue qui a servi de base aux premières discussions entre le *Board of Trade* et le comité de la Société royale. La forme définitive fut arrêtée dans une lettre du 8 juin 1867, écrite quelques semaines avant que les fonds fussent votés, et par conséquent avant qu'on eût le droit de faire payer quelque chose au trésor public. Depuis, elle a été sanctionnée par le *Board of Trade*, et elle est maintenant en cours d'exécution.

Les télégrammes qui sont limités aujourd'hui à un avertissement des faits actuellement *existants* sont évidemment susceptibles d'extension, au fur et à mesure que la base dont on peut se servir pour les prévisions météorologiques s'agrandira. Ce résultat, on peut raisonnablement l'espérer, sera un des fruits de l'établissement et de l'action continue des *observations météorologiques terrestres*.

En même temps une mesure préliminaire de quelque importance a été adoptée. Dès l'origine, l'attention du comité avait été dirigée sur la nécessité d'améliorer autant que possible la *qualité* des nouvelles reçues des stations des côtes.

Pour arriver à ce résultat, nos collègues ont décidé que toutes les stations télégraphiques où l'on fait des observations seront soumises à une inspection, ce qui n'avait jamais eu lieu jusqu'à ce jour. L'inspection de toutes les stations situées dans les îles Britanniques est maintenant terminée. On espère que ces mesures auront pour résultat d'augmenter le soin apporté aux observations, et par conséquent leur valeur ; on peut même dire que cette amélioration si désirable a déjà commencé à se faire sentir.

— Le télescope de quatre pieds destiné à l'observatoire de Melbourne approche du terme de sa construction. Tout porte à croire qu'il sera prêt pour se rendre à sa destination au commencement de l'année prochaine, sous la direction de M. Lesueur (1). Le spectroscope et les instruments photographiques que l'on emploiera sont en cours d'exécution. On s'est préoccupé de le couvrir à l'aide d'une coupole mobile permettant de le diriger sur un point quelconque du ciel, et qui le protége contre le mauvais temps lorsqu'on n'en fait pas usage. Trois plans ont été étudiés : un dôme, un toit glissant, un toit tournant, et les devis de ces trois plans différents ont été envoyés à Melbourne pour être soumis au *Board of Visitors* de l'observatoire. On attend sous peu de jours l'arrivée de leur réponse, et l'on peut compter que M. Grubb ne perdra pas de temps pour exécuter le plan qui aura été adopté.

— Le comité de surveillance de la Société royale, qui a donné sans relâche ses services, a éprouvé une perte que tous apprécieront dans la personne du comte de Rosse. Quelques regrets que nous devions éprouver de la mort d'un collègue doué de dons aussi précieux et qui les avait consacrés à des études d'un objet aussi relevé, c'est pour nous quelque consolation de voir que son fils et successeur ajoutera encore à l'éclat du nom de la famille. Le nouveau membre du comité de surveillance vous est déjà connu par un mémoire important sur la nébuleuse d'Orion, qu'on a lu à la fin de notre dernière session, et qui est en cours de publication dans les *Transactions philosophiques*. Ce mémoire paraît suffire pour montrer clairement que cet objet remarquable a éprouvé des changements considérables dans ces quinze dernières années, et que ces modifications ne peuvent point être expliquées par celles qui ont pu survenir dans les difficultés atmosphériques de la vision, dans les instruments employés, ou même dans l'œil de l'observateur. Il confirme tout à fait les recherches de M. Huggins, et en même temps explique, ce qui avait présenté quelque difficulté, l'absence d'un spectre continu quand le télescope nous montre une multitude d'étoiles.

En conformité avec la marche indiquée par le *Board of Visitors* de Melbourne, dans le cas d'un événement comme la mort d'un membre du comité de surveillance, je me suis consulté avec les deux membres restants, M. le docteur Robinson et M. Warren de la Rue, et, d'accord avec eux, j'ai nommé, pour compléter la commission, le nouveau comte de Rosse.

— L'année 1868 sera signalée par une éclipse de soleil ayant presque toute la durée que ces phénomènes peuvent atteindre, et donnant, par conséquent, plus de temps que d'ordinaire pour faire toutes les observations qui doivent être concentrées dans la période de la totalité. La phase totale sera visible dans l'Inde et dans d'autres pays où les astronomes ne peuvent se transporter. Des découvertes récentes sur le spectre des corps célestes donnent actuellement un intérêt tout spécial aux observations spectroscopiques des protubérances rosacées et de la couronne. En conséquence, le prési-

(1) Suivant le docteur Robinson, qui s'en est servi à l'observatoire d'Armagh, ce télescope n'est pas de beaucoup inférieur au fameux télescope de six pieds de lord Rosse. M. Lesueur n'est pas seulement un mathématicien, le professeur Adams a passé une année à lui enseigner tous les devoirs d'un observateur pratique. M. Warren de la Rue l'a initié aux secrets de la photographie céleste ; M. Grubb a procédé devant lui au polissage du miroir et aux mille détails de la construction d'un grand instrument ; enfin M. Lesueur est versé dans le maniement du spectroscope, ce qui est de la plus haute importance ; car, sous le beau ciel de Melbourne, on attend des résultats imprévus de l'analyse spectrale. Le télescope est pourvu d'un chercheur de quatre pouces et mû par un mécanisme très-facile à mouvoir, soit que l'on vise une distance zénithale ou une distance polaire. Naturellement, c'est pour les distances polaires que l'instrument a surtout été construit, puisqu'il doit fonctionner à l'aide d'un mouvement d'horlogerie et suivre les astres dans la rotation diurne. L'horloge qui le meut est gigantesque et d'une excellente construction. Le mouvement rapide permet de renverser l'instrument en une minute et un quart ; le mouvement lent agit avec la même facilité que l'écrou tangentiel d'un cercle ordinaire. Quoique le nombre des observatoires situés dans l'hémisphère austral ait augmenté sensiblement, il est bien loin d'être comparable à celui des observatoires qui existent dans l'hémisphère boréal, et l'établissement de ce télescope à Melbourne rendra les plus grands services à l'astronomie.

dent de la Société royale et son conseil ont examiné ce qu'ils peuvent faire pour contribuer à utiliser une si rare occasion d'observer ces phénomènes plus physiques encore qu'astronomiques.

Nous avons déjà reconnu, dans le cas des expériences faites dans l'Inde sur l'oscillation du pendule, l'avantage d'agir de concert avec le colonel Walker des ingénieurs royaux, qui remplit le poste de directeur du *grand Survey trigonométrique* (1). Nous étant assurés que cet officier distingué est disposé à se charger de la direction des arrangements nécessaires pour l'observation de l'éclipse, nous nous sommes décidés, le conseil et moi, à employer, pour cet objet, une portion du subside voté par le parlement pour cette année, à préparer les instruments nécessaires. Ces instruments consistent dans un télescope de cinq pouces d'ouverture, construit par MM. Cooke et fils, monté comme un équatorial portatif, avec un mouvement d'horlogerie, et accompagné d'un spectroscope pareil à celui dont on se sert pour l'observation des étoiles. Comme des nuages pourraient nuire aux observations que l'on a l'intention de faire avec cet instrument au moment critique, nous avons ajouté quatre spectroscopes directs pour observer le caractère général des protubérances rouges et de la couronne, et nous avons chargé le colonel Walker de les placer dans la main des différents observateurs.

Il est heureusement arrivé qu'un fils de sir John Herschel, aide du Survey trigonométrique, allait retourner dans l'Inde à l'expiration d'un congé qu'il avait obtenu. Nous nous sommes assurés qu'il était disposé à prendre part aux observations, à recevoir les instructions nécessaires pour l'usage de ces instruments, et à se charger de les faire parvenir dans l'Inde. Cet arrangement, ayant reçu l'approbation cordiale du colonel Walker, a été mis à exécution.

— M. Hennessey, premier assistant du Survey trigonométrique de l'Inde, ayant exprimé, dans une lettre au président, son désir de rendre utile à des recherches scientifiques tout le temps que ses devoirs professionnels lui laisseront disponible, nous avons résolu de profiter de son séjour pendant une grande partie de 1868 à Mussoorie, station élevée de 7000 pieds au-dessus du niveau de la mer, et où l'air est d'une limpidité remarquable.

Le colonel Walker a donné son cordial assentiment à cette proposition. Nous avons envoyé des avis et des instructions pour l'observation des lignes terrestres du spectre solaire et de la lumière zodiacale, pour laquelle la station de Mussoorie est située d'une façon particulièrement avantageuse. Le lieutenant Herschel porte avec lui les spectroscopes, les prismes, les actinomètres et les autres instruments que la Société s'est procurés pour lui envoyer.

— La Société a déjà reçu communication du désir exprimé par le gouvernement de l'île Maurice d'établir dans cette colonie un observatoire magnétique, ayant les mêmes instruments que l'observatoire de Kew, et adoptant les méthodes de discussion en usage dans cet établissement.

Au commencement de notre session, nous avons reçu une communication du ministère des colonies, nous transmettant la demande du comte de Carnavon. Ce haut fonctionnaire demandait l'opinion de la Société sur les instruments que l'on devait employer dans les plans destinés à la construction d'un nouvel observatoire, qui serait à la fois magnétique et météorologique. Après plusieurs ouvertures et une discussion approfondie avec M. Meldrum, directeur de l'observatoire de Maurice, qui vient d'arriver en Angleterre, nous avons envoyé notre réponse au ministère des colonies, indiquant tous les instruments nécessaires pour équiper complétement un observatoire de cette nature. Nous y avons joint un plan pour la construction de l'observatoire, avec un devis des dépenses présenté par M. Meldrum et revêtu de l'approbation du président et du conseil. Les instruments ont été préparés, vérifiés à Kew, établissement dans lequel M. Meldrum s'est exercé à leur usage.

— Les instruments enregistreurs magnétiques, préparés et vérifiés à l'observatoire de Kew, à la requête du gouvernement de Victoria, ont été envoyés à leur destination; ils sont maintenant en activité à Melbourne, sous la direction de M. Ellery. Nous avons reçu dans le cours de cette année, de la même colonie, une demande pour les instruments météorologiques enregistreurs sur le modèle de ceux de Kew, et nous avons déjà fait droit, au moins en partie, à cette demande.

— La publication, l'an dernier, de la vérification et de l'extension de l'arc du méridien de la Caille, dans l'Afrique australe, par sir Thomas Maclear, astronome du cap de Bonne-Espérance, était le dernier acte d'une entreprise nationale exécutée sans relâche pendant une période de trente ans. Ce fait scientifique est trop important pour ne point mériter une mention spéciale de la part de la Société royale. Notre seule connaissance de la figure de l'hémisphère sud repose encore sur l'arc du méridien mesuré par la Caille et maintenant remesuré par Maclear. La mesure primitive, malgré l'habileté bienconnue du grand astronome sous la direction duquel elle a été exécutée, n'avait point conquis la confiance des astronomes. Le degré que l'on en conclut est beaucoup trop grand, et, s'il était accepté, il conduirait à la conclusion que les dimensions des deux hémisphères ne sont pas semblables. Mais les triangles de la Caille étaient observés avec un cadran et non point avec un cercle. Ils étaient donc affectés des erreurs d'excentricité et de figure, tandis que les effets de l'attraction locale, même dans le cas où l'on pouvait les reconnaître, étaient appréciés d'une façon très-imparfaite. Ces considérations engagèrent Maclear, un peu après sa nomination à l'observatoire du Cap, à former le plan de la vérification qu'il vient de terminer. Poursuivant les recherches déjà commencées par sir George Everest, il réussit, quoique avec beaucoup de peine, à retrouver les stations terminales de la Caille, et, aidé par les avis et les encouragements de sir John Herschel (alors au Cap) et de l'astronome royal, il commença en 1836 le travail de vérification. Les opérations coûtèrent beaucoup de fatigues. La mesure de la base des triangles et la détermination des distances zénithales furent répétées sur une échelle et avec des précautions inusitées à une période antérieure. Les distances zénithales furent observées avec un secteur à l'aide duquel Bradley découvrit l'aberration de la lumière et la nutation de l'axe de la terre, instrument confié à Maclear par l'Amirauté. Quoique cet instrument ait été rendu plus facilement utilisable en campagne à l'aide d'améliorations suggérées par l'astronome royal, le transport d'un appareil à la fois lourd et délicat, à travers un pays sauvage et montagneux, était une entreprise d'une difficulté plus qu'ordinaire. Cependant on l'accomplit sans accident. Les angles terrestres

(1) C'est un grand travail de triangulation destiné à la confection d'une carte détaillée comme est pour la France celle de l'état-major.

furent pris avec un cercle de 20 pouces de Jones et un plus petit théodolite de Reichenbach; ces deux appareils ayant tous deux une précision remarquable. La base d'où l'on tira toutes les distances fut mesurée avec les barres de compensation dont on se servit dans la triangulation de l'Irlande. Ainsi, si l'on considère les moyens employés à sa détermination, cet arc de méridien ne doit être considéré comme inférieur à aucun de ceux dont on connaît la mesure. Un récit complet des opérations a été publié par l'amirauté en 1866, et forme deux volumes in-quarto. Il ne confirme pas la valeur anormale obtenue par la Caille; mais il décèle une cause probable de la discordance. La station septentrionale de la Caille était dans un creux environné de montagnes; une d'elles, à un demi-mille de distance vers le nord, est une masse de rocs haute de 2000 pieds, et d'autres à des distances encore plus grandes, étaient encore assez près pour créer des perturbations. Une station pareille n'était point évidemment convenable pour servir de point terminal. La triangulation fut étendue à travers une immense plaine de sable (la plaine du Bushman) jusqu'à un point où l'on ne voyait aucune cause locale d'attraction. Au moyen de cette extension des opérations vers le nord et d'une extension analogue vers le sud, l'arc de Maclear possède une amplitude quatre fois plus grande que celle de la Caille, et, sous ce rapport comme sous celui du soin plus grand apporté aux détails, il mérite plus de confiance. Le degré que l'on en tire est de 1133 pieds plus petit que celui de la Caille; et comme celui de la Caille surpasse de 1051 pieds celui qui est donné suivant Airy par le sphéroïde qui représente la moyenne d'un arc de l'hémisphère boréal, il s'approche évidemment de la vérité. Ceci est montré plus directement encore par la coïncidence à peu près parfaite des latitudes comptées d'après des mesures géodésiques et de celles qui sont comptées par le secteur: celle de l'extrémité boréale étant de 0",4 en défaut, et celle de l'extrémité australe de 0",5 en excès.

— Les *Transactions philosophiques* de l'année dernière contiennent un important mémoire de M. Abel, membre de cette Société, qui a eu l'honneur d'être désigné pour faire la *Bakerian Lecture* de cette année. C'est un traité très-soigné et très-complet sur les circonstances qui influencent la *stabilité* du coton-poudre (1). Notre confrère a fait dans son laboratoire des expériences sur de petites quantités, et dans des magasins sur des masses importantes. Quelques-unes de ses expériences sur un même échantillon ont duré pendant trois ou quatre années. Les résultats auxquels il est arrivé prouvent que le coton-poudre, purifié suivant la méthode de von Lenk, peut être gardé pendant de longues périodes à l'air libre, ou dans des vaisseaux fermés et exposé à la lumière diffuse du jour, sans éprouver aucun changement. La conservation de la matière a été parfaite pendant trois ou quatre années. En exposant pendant longtemps à la lumière du soleil du coton-poudre, on lui fait subir une décomposition graduelle plus complète quand il est humide que quand il est sec; mais même, dans ces circonstances, le changement éprouvé pendant plusieurs mois est insignifiant. Cette cause de destruction peut être combattue par des moyens très-simples qui ne portent nullement préjudice aux qualités essentielles des matériaux. Tous les produits ordinaires contiennent de petites quantités de matières organiques (azotées) qui sont en quantité appréciable. C'est la présence de ces impuretés dans le coton-poudre *ordinaire* qui donne naissance à un dégagement d'acide libre, quand la substance est exposée à une température élevée. L'acide ainsi formé peut exercer une action sur la portion pure de la masse ou le vrai coton-poudre, et établir une décomposition qui est matériellement accélérée par la chaleur. Cependant M. Abel est arrivé à la conclusion pratique importante, que cette cause de destruction peut être supprimée en distribuant dans le coton-poudre fini une petite quantité, soit 1 pour 100, de carbonate de soude. En adoptant cette précaution, le coton-poudre humide peut être mis en magasin, entassé en grande quantité, et exposé à la température de l'eau bouillante dans des espaces limités, pendant longtemps, sans éprouver la moindre altération. L'introduction dans le coton-poudre terminé de 1 pour 100 de carbonate de soude garantit, par conséquent, cette substance contre les effets auxquels elle peut être exposée, même dans les conditions climatiques les plus exceptionnelles.

Il n'est point nécessaire de conserver le coton-poudre dans de l'eau. Pour que cette substance n'éprouve pas le moindre changement, même lorsqu'il est entassé en grandes quantités, il suffit qu'elle soit humide au toucher. Si l'on enlève du coton-poudre toute la quantité d'eau que l'on peut en retirer par un extracteur centrifuge, il reste dans une condition où il n'y a pas d'explosion à craindre. C'est dans cet état qu'on doit le garder dans les arsenaux et l'envoyer dans les endroits éloignés. On peut introduire la quantité convenable de carbonate de soude en le dissolvant dans l'eau qui sert à l'humecter. *C'est dans cette absence de tout danger dans l'emmagasinement et le transport que consiste le grand avantage du coton-poudre* BIEN PRÉPARÉ *sur la poudre ordinaire.*

M. Abel a aussi examiné avec soin la manière dont différents échantillons de coton-poudre mal préparé se sont comportés en faisant varier systématiquement les circonstances de chaleur, d'humidité et de lumière. Ces recherches ont montré que des modifications qui semblent en apparence insignifiantes dans la conversion et la purification, exercent une influence considérable sur la composition, la pureté, et par conséquent la stabilité du produit. M. Abel a montré que c'est à de telles causes que l'on doit attribuer les conclusions d'habiles chimistes du continent qui ont condamné le coton-poudre.

La méfiance non déraisonnable entretenue il y a quelque temps sur la stabilité de cette matière a été la principale cause du désir du gouvernement de Sa Majesté de renvoyer le sujet du coton-poudre à un comité dont feraient partie quelques savants pris dans le sein de la Société. Cette grande question primordiale étant maintenant résolue d'une façon satisfaisante, il en reste une autre: on doit déterminer la meilleure forme à donner à cette substance pour satisfaire aux exigences multiples de l'armée et de la marine, dans les cas où son emploi peut être considéré comme supérieur à celui de la poudre ordinaire. Mais ceci doit être considéré comme étant plus particulièrement du domaine des devoirs professionnels des officiers des armées de terre et de mer de Sa Majesté.

J'ai la grande satisfaction d'ajouter, de la part du comité, que les expériences ont eu lieu sans faire de victimes, et même sans occasionner de blessures.

(1) Voyez dans notre tome III, page 825, 18 novembre 1866, une conférence de M. Abel à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, sur les nouvelles poudres, et en particulier la poudre-coton.

— Au meeting de Nottingham de l'Association Britannique, une somme de 100 livres sterling fut accordée à un comité pour explorer les fossiles végétaux tertiaires du Groenland septentrional. Les collections provenant des régions arctiques, qui avaient été apportées en Angleterre et présentées à différents musées par sir Léopold M. Clintock, capitaine Inglefield et d'autres, ont toutes été envoyées au professeur Oswald Heer (de Zurich), si avantageusement connu pour ses recherches sur la flore fossile tertiaire de l'Europe. Les collections semblables qui avaient été conservées dans les musées de Danemark et de Suède ont été soumises à la même autorité, et les résultats de son investigation semblent montrer que le Groenland septentrional a joui, durant une partie de l'époque tertiaire, d'un climat beaucoup plus doux que celui que l'on rencontre ordinairement dans ces latitudes.

La description des fossiles est en cours de publication par les soins du professeur Heer, et c'est pour obtenir de nouveaux renseignements sur un sujet aussi intéressant que l'Association a voté la somme de 100 livres.

Le comité du Groenland, apprenant que M. Whymper, un de ses membres, allait au Groenland pendant l'été de 1867, lui a remis toute la somme votée, et, pensant que ces fonds n'étaient point suffisants, demanda à la Société royale de venir à son aide. Nous mîmes à la disposition de M. Whymper une somme de 200 livres, prise sur le subside que nous donne le gouvernement.

M. Whymper est maintenant de retour du Groenland, avec une nombreuse collection de précieux échantillons. Ils seront soumis à un examen, et, quand ce travail aura été effectué, une série complète d'échantillons sera déposée au *British Museum*, conformément aux conditions du don fait à M. Whymper par l'Association Britannique et par le conseil de la Société royale.

— Je procède maintenant à la distribution des médailles.

La médaille Copley a été donnée à Karl Ernest von Baer (de Saint-Pétersbourg), membre étranger de la Société royale, pour ses découvertes en embryologie et en anatomie comparée, et pour ses travaux en philosophie zoologique.

Il y a quarante et un ans, les grandes autorités en anatomie et en physiologie croyaient que les embryons de l'homme et des autres mammifères prenaient naissance d'une manière différente de celle des ovipares. Quant à ces derniers, l'observation quotidienne des poulets, des serpents, des grenouilles et des poissons suffisait pour démontrer, même sans étude spéciale scientifique, que leurs jeunes sortaient d'œufs, et que ces œufs étaient fabriqués dans l'intérieur du corps de femelles vierges. Les recherches ultérieures de Fabricius, de Harvey, de Haller, de Gaspard Frédéric Wolff, de Cruikshank, de Dollenger, de Poucher, de Prévost et de Dumas, de Dutrochet et de Cuvier avaient suivi le développement de l'embryon des ovipares à partir d'un point très-éloigné de la naissance, et avaient par conséquent jeté une vive lumière sur le développement de l'embryon des mammifères. Mais la condition première de l'embryon des mammifères était inconnue. L'autorité de Haller était encore prédominante, et les recherches de Haller ne l'avaient conduit à découvrir dans l'utérus des mammifères, un peu après la fécondation, qu'une substance à moitié fluide dans laquelle on imaginait que l'embryon apparaissait par une sorte de cristallisation. On attribuait l'origine de ce liquide embryonnaire à un mélange [illegible] séminal du mâle avec le contenu de vésicules remarquables découvertes longtemps auparavant par de Graaf, dans l'ovaire de la femelle, et appelées, d'après ce savant, follicules de de Graaf.

Mais, en 1827, toutes ces spéculations furent renversées, et l'identité du mode d'origine entre les embryons des mammifères et des autres animaux fut démontrée par un jeune professeur de l'université de Kœnigsberg, dont la patience infatigable, la sagacité et la pénétration avaient permis de suivre le développement du fœtus pas à pas, en remontant jusqu'à un œuf qui n'a pas un centième de pouce de diamètre. Ce jeune professeur avait prouvé que les follicules de de Graaf sont uniquement la chambre dans laquelle l'œuf est contenu, et le premier pas de la génération des mammifères, comme celle des autres animaux, est le détachement de l'œuf de l'organe générateur dans lequel il se développe. Cette découverte capitale forme l'objet pour lequel on accorde aujourd'hui la médaille Copley à un savant qui était alors simple professeur à Kœnigsberg, mais qui est aujourd'hui l'illustre académicien de Saint-Pétersbourg, Karl Ernest von Baer.

La grande découverte de Baer n'a point été le résultat d'un accident, mais la récompense de recherches très-longues et très-laborieuses sur l'embryogénie, non-seulement du poulet et des mammifères, mais encore des autres animaux. La première partie d'un grand ouvrage sur l'*Histoire du développement des animaux, observations et réflexions*, renferme plusieurs des résultats de ces recherches, et particulièrement le fruit des investigations contenues dans les études sur le développement du poulet qui ont paru en 1828. La seconde partie, dans laquelle on traite particulièrement des mammifères, a été publiée en 1837. Il est impossible d'exagérer l'importance de ce livre remarquable, et de mettre en doute la grande influence qu'il a exercée ou qu'il exerce encore sur le développement d'une saine biologie.

Au moment où il parut, on ne pouvait rien lui comparer comme monographie spéciale de la formation du poulet, ou comme trésor de faits soigneusement observés relativement au développement des vertébrés en général, ou comme exposition de l'influence que le développement et l'étude de l'embryologie doivent exercer sur la classification. On peut dire qu'il reste maintenant comme *primus inter pares*, quoiqu'il soit entouré des splendides ouvrages de Rathke, de Bischoff, de Remak, de Coste et d'autres. C'est à von Baer que nous devons cette grande généralisation, que tout développement est un progrès du général au spécial, loi qui trouve son application dans des questions auxquelles l'auteur n'avait point songé. C'est à lui que nous devons cette vérité, que l'affinité zoologique est l'expression de la similitude de développement, et que les différents grands types des animaux sont le résultat de modes différents d'un développement pareil dans sa direction générale.

La rédaction de l'*Histoire du développement des animaux* et de l'*Essai pour l'étude des animaux inférieurs* aurait suffi pour justifier le vote de la médaille Copley à von Baer, même dans le cas où ce ne serait point lui qui aurait découvert l'œuf des mammifères.

Outre ces travaux d'une importance du premier ordre, nous avons eu à récompenser la variété des connaissances et l'étendue de savoir que von Baer a montrées dans une multitude d'autres directions, dans de nombreux mémoires sur l'anatomie comparée, la zoologie systématique, la distribution des animaux à la surface du globe. On doit à ce savant des essais

originaux sur l'anthropologie et l'ethnologie, fruit d'expéditions scientifiques dans différentes parties de l'immense empire de la Russie, depuis la Nouvelle-Zemble jusqu'à la mer Caspienne.

Von Baer est né en Esthonie, dans le courant de l'année 1792. Son père était un propriétaire, et le « chef de l'ordre équestre » d'Esthonie. Il y a deux ans la noblesse d'Esthonie, présidée par le « chef de l'ordre équestre », qui est le baron de Pahleu, forma une association pour célébrer le cinquantième anniversaire du vénérable académicien au doctorat. Pour perpétuer le souvenir d'une manifestation aussi honorable pour eux que pour celui qui en était l'objet, von Baer écrivit, à leur requête, une autobiographie qui a été publiée avec tout le luxe typographique possible. Il y a trente-six ans qu'à la demande de Humboldt et à la suite d'un rapport de Cuvier, l'Académie des sciences de Paris a accordé une médaille à von Baer. En 1854, il fut nommé membre étranger de la Société royale (1).

Nous pouvons nous réjouir qu'il ne soit point encore trop tard pour offrir la plus haute récompense dont puisse disposer la Société royale de Londres, à un homme qui a été si longtemps reconnu sur le continent comme une des plus grandes lumières de la biologie, et qui plus tard prendra place à côté de Cuvier, de Wolff et de Harvey (2).

— Le conseil a accordé une médaille royale à MM. John Bennet Lawes et Joseph-Henry Gilbert, pour leurs recherches de chimie agricole.

MM. Lawes et Gilbert se sont occupés pendant les vingt-quatre dernières années de recherches systématiques de chimie agricole, avec l'intention de déterminer par des expériences exactes les principes chimiques et physiologiques qui sont mis en œuvre dans les opérations fondamentales et vulgaires de chimie agricole. Ces investigations ont renfermé :

1° Des recherches pour l'épuisement du sol, renfermant des expériences sur la végétation du blé, de l'orge, des turneps, du trèfle, et des récoltes de légumineuses.

2° Des recherches sur les principes de la rotation et des jachères.

3° Des recherches sur les divers herbages qui poussent dans les prairies, soit naturelles, soit artificielles.

4° Sur la végétation en général, et sur l'action des engrais en particulier.

5° Sur l'origine de l'azote dans les plantes. Ces mémoires ont eu l'honneur d'être insérés dans les *Transactions philosophiques* de 1861.

6° Des recherches sur la nourriture et l'engraissement des bestiaux, insérées dans les *Transactions philosophiques* de 1859.

Cette théorie minérale, comme on l'appelait, a été proposée par Liebig, mais MM. Lawes et Gilbert ont prouvé qu'elle était fausse, parce qu'elle ne comprenait qu'une portion de la vérité.

Les expériences agricoles sur lesquelles reposent ces conclusions ont commencé en 1843. Quatorze acres partagées en vingt pièces ont été consacrées aux expériences sur les céréales, et sept acres partagées en vingt-quatre pièces à des expériences sur les turneps. Des expériences analogues ont été faites ultérieurement sur des haricots, du trèfle, de l'orge, et différentes espèces de plantes fourragères cultivées dans les prairies permanentes. Le plan général de ces expériences agricoles consiste à choisir des champs dans un état d'épuisement complet, c'est-à-dire dans un état tel, qu'ils ne peuvent donner une nouvelle récolte sans de nouveaux engrais. Sur ce sol épuisé on a fait pousser *en rotation* chacune des plantes les plus importantes, tantôt sans engrais, tantôt avec des engrais de différentes natures, en les semant généralement pendant des séries d'années sur la même pièce de terre. Par ce moyen il était possible de déterminer le point d'épuisement relatif ou d'abondance excessive de chacun des éléments constituant l'engrais (1).

Il est difficile de résumer dans un court espace les conclusions pratiques auxquelles ces savants sont arrivés à la suite d'une série de recherches portant sur un grand nombre de sujets d'une nature si complexe, et continuées systématiquement pendant une période si prolongée. A l'époque où vos lauréats commencèrent leurs travaux, on croyait communément qu'une certaine quantité de corps salins, ou de *constituants minéraux*, comme on les appelait, était essentielle à la naissance et au développement des plantes, et que ces substances devaient être fournies par le sol. On reconnaissait aussi la nécessité d'une certaine quantité d'azote, mais on s'imaginait que, puisque les plantes sauvages *peuvent vivre sans qu'on leur donne artificiellement de l'azote*, il y a dans l'atmosphère une quantité de cet élément suffisante pour qu'il soit superflu de s'inquiéter d'en augmenter la dose. On supposait que la fertilité du sol pouvait être maintenue pendant une période indéfinie, si l'on rendait tous les ans au sol, sous forme d'engrais minéral, les différents éléments enlevés sous forme de moisson.

Ainsi on a fait pousser du blé sur la même pièce de terre pendant vingt-quatre ans; des turneps avec un intervalle de trois ans, pendant vingt-cinq ans; et les expériences sur la rotation ainsi composée : turneps, orge, légumineuses et blé, comprenaient *cinq rotations complètes de quatre années chacune*, ou un intervalle de *vingt ans*.

En même temps qu'ils procédaient à leurs expériences agricoles, MM. Lawes et Gilbert enregistraient les quantités de pluie, les pressions barométriques, la température de l'air, le point de rosée, afin de pouvoir démêler l'influence des diverses saisons sur la quantité et la qualité des produits. Il devint bientôt évident qu'on devait opérer de grands perfectionnements dans la chimie analytique avant que ces résultats pussent être d'un grand secours pour déterminer la fécondité relative des différentes natures de sols. Vos lauréats ont montré beaucoup d'habileté et ont eu grands succès dans ces tentatives. Il suffit de citer un fait caractéristique pour faire juger de la valeur pratique de ces expériences. Le produit moyen en boisseaux de froment par acre a été sans engrais de 16 $\frac{1}{4}$; avec le fumier de ferme, il a été de 32 $\frac{1}{4}$ boisseaux, juste le double; avec les engrais artificiels, il s'est élevé jusqu'à 35 $\frac{1}{4}$ boisseaux. Ce qui est beaucoup plus que le produit moyen des terres arables de Grande-Bretagne, quand on cultive le blé en employant la rotation ordinaire. Le haut rendement du blé cultivé sans interruption sur le même sol avec une ration d'engrais presque constamment la même d'année

(1) Von Baer est aussi membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris, qui lui a décerné l'année dernière le prix Cuvier.

(2) Pourquoi avoir attendu si longtemps pour honorer un ouvrage publié en 1826?

(1) C'est à l'imitation de ce qui se fait à Rothamsted que des expériences analogues ont été organisées plus tard à la ferme de Vincennes.

en année, tandis que la récolte des turneps était réduite à rien, est un fait de la plus haute importance. Les lauréats ont démontré que les effets d'un engrais de *surphosphate* sont énormes sur les récoltes de turneps, tandis que l'emploi des sels d'ammoniaque mélangés avec les sels alcalins et les phosphates conviennent aux récoltes de blé. Cependant ces résultats ne sont pas ceux qu'indiquerait l'analyse chimique. Aussi vos lauréats ont-ils eu le droit d'écrire : « Il est surprenant de reconnaître que la tendance des recherches agricoles semble être de montrer la fausseté d'une science reposant sur l'analyse chimique de la composition d'une plante, pour se diriger dans le choix des matières qui doivent lui être données comme engrais. On doit plutôt attendre la découverte des principes d'agriculture de l'étude de la physiologie végétale que de celle de la chimie. Il paraît *plus important d'étudier les fonctions spéciales, les caractères distinctifs et les ressources de chaque plante, que leur composition centésimale.* »

Les recherches que vos lauréats ont exécutées sur la nourriture des animaux ont été encore plus laborieuses, mais elles étaient un complément nécessaire de celles qui avaient été faites sur les récoltes. Ces recherches ont été particulièrement dirigées vers la solution des quatre problèmes suivants :

1° Le rapport du poids de la nourriture consommée et de ses constituants à l'augmentation du *poids vivant*, pour différentes espèces d'animaux.

2° Le développement comparatif des divers organes et leur comparaison pendant la période de l'engraissement.

3° Le rapport du poids d'engrais produit au poids d'aliments consommés, en tenant compte de la qualité aussi bien que de la quantité.

4° La dépense, ou la perte par la respiration, ou par la transpiration, chez les animaux considérés comme des machines à produire, d'une part de l'engrais, et de l'autre de la viande.

Nous ne pouvons entreprendre d'exposer en détail les résultats de cette portion de l'enquête, dont les principaux ont été publiés dans les *Transactions philosophiques* pour l'année 1859.

On nous permettra de terminer ces remarques en affirmant que ces différents travaux dont nous venons de tracer une courte analyse ont été conduits avec un soin, une persévérance et un succès qui ont placé leurs auteurs à la tête des savants occupés de travaux analogues.

— Le conseil a accordé une médaille royale à sir William Logan, pour ses recherches géologiques exécutées au Canada, et pour l'exécution d'une carte géologique de cette colonie.

Sir William Logan s'est fait connaître avantageusement des géologues du Canada, dès le début de sa carrière, par des travaux très-remarquables exécutés à propos du terrain carbonifère du sud du pays de Galles, qui ont mérité la haute approbation des autorités scientifiques dirigeant le *Geological Survey*, et qui ont servi de modèle à l'étude des autres terrains carbonifères du Royaume-Uni.

En 1843, il fut chargé de la direction du *Geological Survey* de son pays natal, le Canada. Ce *Survey* a été établi par le gouvernement provincial. Les résultats ont été publiés dans des rapports annuels, et un volume important, publié en 1863, condense tous les résultats géologiques ou paléontologiques amassés par sir William et par les personnes qui travaillent sous sa direction.

Malgré des difficultés dont les géologues anglais qui connaissent ce pays disent qu'il est difficile de se faire une idée exacte, sir William a mis en évidence la relation des différents terrains du Canada les uns avec les autres. On y trouve le terrain laurentien inférieur et le terrain laurentien supérieur, le terrain huronien, de nombreuses divisions des terrains siluriens inférieur et supérieur, et de la série devonienne. Il a rapporté autant que possible les divers terrains avec les terrains de la série européenne, et avec les subdivisions décrites par les géologues des États-Unis. Un des plus importants services rendus par sir William Logan à la science géologique, est la découverte de la relation des roches laurentiennes entre elles et avec les formations postérieures. Auparavant ces roches laurentiennes n'étaient appelées que granites et gneiss. On les confondait vaguement avec les roches granitiques et gneissiques de l'âge silurien. Sir William est le premier qui ait prouvé leur haute antiquité en montrant qu'elles sont formées par des couches qui ont éprouvé des perturbations profondes, et qui ont été métamorphosées avant le dépôt des lits siluriens de l'époque la plus ancienne. Il a ensuite démontré que les roches laurentiennes consistent en deux séries de roches métamorphiques, et que les couches du laurentien supérieur ne peuvent pas du tout être confondues avec celles du laurentien inférieur. Enfin, il a fait l'importante découverte de l'*Eozoon canadense* dans les lits calcaires du laurentien inférieur. La grande importance de cette découverte devient manifeste, quand nous considérons l'extraordinaire antiquité des roches que sir William démontre être fossilifères, quand on les compare aux couches cambriennes, qui étaient les plus anciennes où l'on ait découvert jusqu'à ce jour des traces d'êtres organisés.

SABINE.

— Traduit de l'anglais par W. DE FONVIELLE. —

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE VINCENNES.

ENTRETIENS AGRICOLES PAR M. GEORGES VILLE (1).

V

Du prix des engrais chimiques comparés au fumier.

Messieurs,

Dans la pratique on considère une fumure de 40 000 kilogrammes de fumier par hectare, tous les deux ans, comme une bonne fumure. Notre but principal étant aujourd'hui de comparer le fumier aux engrais chimiques, demandons-nous d'abord ce que 40 000 kilogrammes de fumier contiennent des quatre termes qui composent notre engrais complet.

La réponse se trouve dans le tableau suivant :

Azote	163 kil.
Acide phosphorique	75
Potasse	150
Chaux	321

S'il est vrai, comme l'expérience le démontre, que le fumier doive toute son efficacité à ces quatre produits, vous

(1) Voyez ci-dessus, pages 75, 100, 131 et 146, numéros des 4, 17 et 25 janvier, et 1er février 1868.

voyez que sa partie active se réduit à moins d'un quarantième de la masse totale.

Dans le fumier, en effet, l'humidité figure pour 80 pour 100, ce qui réduit, pour 40 000 kilogrammes, la partie solide à 8000 kilogrammes, dans lesquels les matières hydrocarbonées, dont l'utilité est plus que problématique, entrent pour 6000 à 7000 kilogrammes.

Vous ne serez donc pas surpris si j'ajoute qu'avec 2287 kilogrammes de produits chimiques, on peut composer un engrais d'une richesse équivalente à 40 000 kilogrammes de fumier. En voici au surplus la preuve :

Phosphate acide de chaux	600 kil.
Nitrate de potasse	320
Sulfate d'ammoniaque	560
Sulfate de chaux	830
Total	2310 kil.

Il est évident que, sous le rapport de la facilité de l'emploi, de l'épandage, de l'économie des transports, etc., l'avantage est aux engrais chimiques. Mais ce n'est là qu'un point de vue secondaire; leur véritable supériorité tient à d'autres causes et se justifie par d'autres considérations.

Dans le fumier, l'azote n'est pas immédiatement assimilable. Il l'est au contraire dans les engrais chimiques. Dans le fumier, ce corps est à l'état de déjections animales, de litières en partie putréfiées, lesquelles n'agissent favorablement sur la végétation qu'après avoir subi une décomposition qui en change complétement l'état. L'azote, par exemple, ne devient assimilable qu'après s'être transformé en ammoniaque ou en nitrate. Or, cette décomposition préalable a pour premier résultat la perte de 30 à 40 pour 100 de l'azote primitif du fumier, qui se dégage dans l'air à l'état d'azote élémentaire. Dans les engrais chimiques, je le répète, l'azote est assimilable immédiatement et en totalité, et son action est par cela même plus sûre.

Voici, pour la pratique, un autre avantage plus important encore.

Dans les formules d'engrais que je vous ai présentées dimanche dernier, vous avez certainement remarqué que la nature des agents variait suivant la nature des plantes. L'affectation que j'ai faite de chacun d'eux à certaines catégories de plantes n'a pas été de ma part un acte arbitraire ou l'expression d'une fantaisie; c'est la conséquence d'un fait considérable, dont il faut absolument que je vous entretienne en détail, et dont l'application est tout en faveur des engrais chimiques.

S'il est vrai qu'un mélange de phosphate de chaux, de potasse, de chaux, et d'une matière azotée, suffit à tous les besoins des plantes, et soit pour l'agriculture l'équivalent du fumier, il est vrai aussi que chacun de ces quatre termes remplit à l'égard des trois autres une fonction tour à tour subordonnée ou prédominante suivant la nature des végétaux que l'on cultive.

A l'égard du froment, du colza de la betterave, du tabac, la matière azotée est l'élément dont la fonction est prédominante; pour la luzerne, les pois, les haricots, les féveroles, la matière azotée n'a plus qu'une importance secondaire, et la prééminence dont nous venons de parler passe à la potasse. Elle appartient au phosphate de chaux pour les turneps et les rutabagas. Il y a donc pour chaque nature de plante un élément dont l'influence l'emporte sur les autres, et que pour ce motif nous appellerons la *dominante* de cette plante.

Comme première application de ces notions, supposons la rotation suivante : betterave, blé, trèfle, avoine.

Avec le fumier il n'y a pas de division possible, on peut en varier la dose, mais non la composition. On ne peut procéder que de deux manières : Mettre tout dès la première année ou le répartir en plusieurs fois. Dans le premier cas, on obtient, il est vrai, un bon rendement de betterave, mais c'est au préjudice des cultures suivantes. Divise-t-on l'engrais? Le rendement de betteraves est forcément réduit, et comme cette culture est très-coûteuse par la multiplicité des façons qu'elle exige, elle met nécessairement le producteur en perte.

Avec les engrais chimiques, les choses se passent tout autrement; on donne à chaque plante l'élément qui a le plus d'influence sur la récolte, ce qui a le double avantage de réduire la dépense, tout en portant le rendement à sa limite la plus élevée. Comme preuve des avantages que présente dans la pratique ce mode de procéder, je vous citerai l'exemple de deux cultures de pommes de terre et de froment, instituées parallèlement, l'une avec l'engrais complet pour deux ans, et l'autre avec le même engrais réparti au contraire de la manière suivante : Première année, engrais minéral seulement; seconde année, matière azotée. Or, voici le résultat de ces deux cultures.

Premier cas. — La terre reçoit de l'engrais complet pour deux ans.

PREMIÈRE ANNÉE.

		Rendement à l'hectare.	Prix.
Pommes de terre		25 450 kil.	636 fr.

DEUXIÈME ANNÉE.

Froment	Paille	5220 kil.	208
	Grain	2310 kil. = 31 hectol.	620
		Total des produits	1464 fr.

Deuxième cas. — La terre est fumée la première année avec l'engrais minéral, et la seconde avec 300 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque.

PREMIÈRE ANNÉE.

		Rendement à l'hectare.	Prix.
Pommes de terre		23 900 kil.	597 fr.

DEUXIÈME ANNÉE.

Froment	Paille	8550 kil.	342
	Grain	3380 kil. = 45 hectol.	900
		Total des produits	1839 fr.

Vous voyez, par cet exemple, à quel point la division de l'engrais peut affecter les rendements.

Sous le rapport économique, les conséquences n'en sont pas moins considérables.

En effet, avec l'engrais divisé, les deux récoltes de pommes de terre et de froment réunies valent 1839 francs; tandis qu'avec l'engrais employé en une seule fois, elles ne représentent qu'une valeur de 1464 francs, ce qui porte la différence à 375 francs en faveur de la première méthode.

Les avantages qui résultent de la division de l'engrais étant ainsi mis hors de doute, vous vous expliquez pourquoi un assolement étant donné, je n'emploie pas indifféremment les quatre termes de l'engrais suivant la nature des cultures.

S'agit-il de l'assolement betterave, blé, trèfle, avoine, il faut concentrer l'azote sur la betterave et le froment; les minéraux sur le trèfle, qui laisse dans le sol assez de matière azotée pour l'avoine.

L'assolement s'ouvre-t-il par une culture de pois ou de haricots, à laquelle on fait succéder du froment, du trèfle et encore du froment, cette fois les minéraux étant l'élément dominant des haricots ou du trèfle, et la matière azotée celui du froment, on bornera la fumure de la première et de la troisième année aux minéraux, et l'on réservera la matière azotée pour le froment, en ayant soin toutefois d'en employer plus la seconde année que la quatrième, parce que le trèfle, dont la troisième coupe est enfouie en vert, constitue une fumure azotée d'une efficacité certaine.

Vous voyez, messieurs, quelle facilité remarquable les engrais chimiques donnent à la pratique pour obtenir le maximum de rendement avec le plus d'économie possible. Ils permettent de concentrer sur chaque culture les agents qui lui conviennent de préférence. Dans la dernière séance, je m'étais borné à vous indiquer ces faits sans vous en dire la raison; aujourd'hui je complète ces premières indications pratiques par la théorie qui leur sert de base et les justifie.

Passons à une question nouvelle, non moins importante que la précédente. Demandons-nous ce que coûte le fumier comparé aux engrais chimiques?

Il ne suffit pas que ces derniers l'emportent, et comme effet utile, et par les facilités plus grandes qu'ils comportent dans l'application; il faut encore examiner la question économique, et voir si, tout compte fait, le résultat financier n'est pas aussi à leur avantage.

La question du prix de revient du fumier est une des plus controversées parmi les agriculteurs. Chacun fait son prix à sa manière. — Il y en a même qui soutiennent que le fumier ne coûte rien; d'autres, au contraire, qu'il coûte fort cher. Il s'agit de discerner la vérité entre ces deux opinions extrêmes. J'espère pouvoir y réussir en me fondant sur des documents dont je suis redevable à des agriculteurs du plus grand mérite, qui opèrent dans des conditions très-différentes.

C'est par des comptes, et des comptes détaillés, que cette question demande à être résolue.

Je dois celui dont je vous entretiendrai d'abord à l'honorable M. Schattenmann, qui a obtenu l'année dernière la prime d'honneur pour le département du Bas-Rhin, et qui, par conséquent, est un bon juge en matière de culture. J'ajoute que M. Schattenmann est de plus un industriel du premier ordre, placé dans des conditions exceptionnelles pour établir avec autorité un prix de revient, si compliqué qu'il puisse être. D'après le décompte qu'il m'a fourni, la production de 555 tonnes de fumier et de 300 tonnes de purin n'a pas coûté chez lui moins de 15069 francs; ce qui porte le prix du fumier à 26 francs les 1000 kilogrammes, si l'on fixe par approximation celui du purin à 2 fr. 15 c.

Ainsi, chez M. Schattenmann, dans une exploitation modèle, le fumier est revenu, en 1866, à 26 francs la tonne.

Prix de revient du fumier à la ferme de Thiergarten.

DOIT.

	Fr.
74071 kilogr. de paille pour litière, à 6 fr. 15 c. les 100 kilogr.	4554
492 kilogr., emploi d'acide phosphorique liquide, à 30 fr. les 100 kilogr.	147
Bottelage et transport de paille pour litière	100
2375 kilogr., emploi de coprolithes, à 5 fr. 75 c. les 100 kilogr.	135
Vidange des latrines	10
Arrosage du fumier	53
Chargement et transport du fumier	984
Remplissage des tonneaux de purin	57
Perte sur le compte des bœufs	3447
— — vaches	4722
— — porcs	855
Total	15069

AVOIR.

	Fr.
300 tonneaux de purin, à 2 fr. 15 c. l'un	645
551 tonnes de fumier, à 26 fr. 17 c	14424
Total	15069

Il convient de vous ajouter que ce prix, qu'on ne p[...] manquer de trouver fort élevé, tient à des causes exceptio[...]nelles, et dépasse certainement la moyenne ordinaire. P[...]nons-le cependant comme point de départ.

Le second exemple m'est fourni par M. Cavallier, qui [...]ploite la ferme du Mesnil-Saint-Nicaise (Somme). Ici les co[...]ditions sont différentes.

Chez M. Schattenmann, il s'agissait d'une production [...] fumier se rattachant à tous les détails d'une grande exploi[...]tion, dont elle était par conséquent solidaire, et où le prix [...] fumier était influencé par le résultat des comptes bœufs[...] vaches, porcs, etc., etc. Le document dont il s'agit mainte[...]nant se rapporte à un cas plus simple, l'engraissement [...] 800 moutons. — En voici le détail :

DÉBIT.

Prix d'acquisition de 800 moutons	19600 fr.
300 kilogr. de pulpe à 12 francs	3600
18000 kilogr. de tourteau	2700
Paille de colza et roseaux	1350
Berger, hommes de cour	500
Intérêts, frais de commission	250
Total de la dépense	28000 fr.

CRÉDIT.

Laine et moutons	25000 fr.
275 tonnes de fumier représentant un solde de	3000
Total de la recette	28000 fr.

Ce qui fait ressortir le prix du fumier à 10 fr. 90 c. la tonne; mettons 11 francs.

Remarquez, messieurs, qu'il ne s'agit pas ici d'un compte général sur lequel chaque détail de l'exploitation a pu réagir. Non, c'est, je le répète, un compte spécial dont le résultat est indépendant de toute opération étrangère, un engraissement de moutons avec de la pulpe de betteraves qui revient moins cher que le fourrage. Eh bien, dans ces conditions, le fumier coûte encore 11 francs les 1000 kilogrammes. Et M. Cavallier fait observer que si, au lieu d'avoir employé comme litière des pailles de colza et des joncs pêchés dans les étangs de la

Somme, il s'était servi de paille de froment, le fumier lui serait revenu à 15 fr. 85 c.

Le troisième compte que je prendrai pour exemple se rapporte à la ferme de Bechelbronn en Alsace; j'en emprunte les éléments à l'*Économie rurale* de M. Boussingault.

D'après ce compte, le fumier ne reviendrait qu'à 5 fr. 20 c. la tonne, ce qui semble justifier l'opinion que le fumier est le moins cher des engrais, et ne coûte presque rien.

Mais si l'on examine les choses de plus près, on voit surgir une objection qui change l'économie de ce compte, et qui, de 5 fr. 20 c., porte le prix du fumier à 15 fr. 20 c.

Comment, avec les mêmes éléments, peut-on arriver à des conclusions si différentes ?

L'explication est très-simple, et je dois y insister, parce qu'elle me fournira en même temps l'occasion et les moyens de prévenir une erreur dans laquelle les agriculteurs tombent trop souvent en matière de comptabilité.

Par une sorte de convention tacite fondée sur l'opinion que la production du fumier est une de ces nécessités auxquelles on ne peut se soustraire, on compte la consommation des animaux au prix de revient et non au prix de vente. Mais n'est-il pas évident que cette manière de procéder est radicalement défectueuse ?

Lorsqu'un agriculteur annexe une sucrerie ou une distillerie à sa ferme, compte-t-il les betteraves qu'il leur livre au prix de revient ? Non ; il les compte au même prix que celles qu'il achète au dehors. Lorsqu'il vend ses animaux, les livre-t-il au prix de revient ? Non ; il prend pour régulateur la mercuriale du marché.

Pour obtenir le prix vrai du fumier, il faut de toute nécessité rentrer dans les usages de la division des comptes dont l'industrie tire de si grands avantages, pour définir d'abord avec certitude l'origine de ses bénéfices, et savoir où doivent porter de préférence les économies et le perfectionnement de l'outillage. Dans une ferme bien dirigée, il faut ouvrir aux écuries un compte à part, le créditer de tout ce qui est une source de valeur réelle : lait, beurre, animaux vendus, accroissement de poids acquis par les animaux conservés, travaux faits par les attelages ; mais, par contre, il faut porter à son débit les dépenses de toute nature qui ont concouru à la réalisation des valeurs portées à son crédit. Dans ces dépenses, il faut comprendre les frais d'entretien des attelages, charretiers, bergers, etc., et enfin imputer à ce compte les denrées de consommation au prix de vente, déduction faite d'une bonification de 10 à 15 pour 100 pour compenser les frais de transport que leur vente au marché aurait entraînés, et qu'on n'a point fait. Un compte établi sur ces données se balance toujours en perte ; mais la perte a pour contre-valeur le fumier. La perte divisée par le nombre des tonnes de fumier produites conduit au prix réel des 1000 kilogrammes.

Or, si l'on transforme, d'après ces données, l'économie du compte rapporté par M. Boussingault, le prix du fumier n'est plus de 5 fr. 20 c. la tonne, comme il le suppose, mais de 15 fr. 20 c.

Comme il s'agit d'une question de la plus haute gravité, vous me permettrez de vous présenter ce compte dans deux colonnes séparées, l'une portant le titre de *prix arbitraire*, et l'autre celui de *prix réel*.

Prix de revient du fumier à la ferme de Bechelbronn.

DOIT.

	Prix arbitraire.		Prix réel.
1627 quintaux de foin et regain, à 3 fr. 60 c.	5857 fr. 20 c.	A 4 f. 95 c. ...	9093 fr. 15 c. (1)
562 quintaux de trèfle fané, à 3 fr. 15 c.	1770 30	A 4 95	2781 90
213 hectolitres d'avoine, à 4 fr. 54 c.	967 02	A 8 55	1821 15
294 quintaux de pommes de terre, à 2 fr. 14 c.	629 16	A 4 05	1190 70
654 quintaux de betteraves, à 1 f. 22 c.	797 88	A 1 44	941 76
4 hectolitres 1/2 de pois, à 20 fr.	90 »	A 20 »	90 »
385 quintaux de paille, à 1 fr. 25 c.	481 25	A 3 60	1386 »
	10592 fr. 81 c.		17304 fr. 66 c.
Frais généraux..	6071 fr. 30 c.		6071 fr. 30 c.
	16664 fr. 11 c.		23375 fr. 96 c.

AVOIR.

		Prix arbitraire.	Prix réel.
Poids vivant acquis par l'étable, à 42 fr. 50 c. les 100 kilogrammes, 135 quintaux	5737 fr. 50 c.	12961 fr. 50 c.	12961 fr. 50 c.
Lait qui n'a pas été consommé pour l'élève, à 12 fr. le quintal (97 litres), 282 quintaux	3384 »		
Poids acquis par la porcherie, à 60 fr. les 100 kilogr., 21 quintaux	1260 »		
1290 journées de chevaux disponibles, à 2 fr. par jour	2580 »		
Solde débiteur		3702 61	10414 96
		16664 fr. 11 c.	23375 fr. 96 c.

	Prix arbitraire.	Prix réel.
Fumier produit	710 tonnes.	710 tonnes.
Coûte	3702 fr. 60 c.	10414 fr. 96 c.
D'où le prix de la tonne.	5 20	14 87

Il va sans dire que le prix arbitraire est celui qui se fonde sur les denrées livrées au prix de revient, tandis que l'autre résulte des denrées estimées au prix de vente. Entre ces deux comptes il y a un écart de 6712 fr., qui explique pourquoi le fumier ressort dans un cas à 5 fr. 20 c., et 14 fr. 87 c. dans l'autre.

Il n'est pas besoin d'ajouter que, dans ces deux tableaux, la perte, qui varie de 3702 fr. 61 c. à 10414 fr. 96 c., représente la valeur du fumier de l'année. Or, la quantité produite étant de 710 tonnes, on trouve successivement 5 fr. 20 c. comme prix arbitraire, et 14 fr. 87 c. comme prix réel.

Je vous ai dit que le prix de 26 fr. auquel on était arrivé chez M. Schattenmann était une exception. En effet, la ferme dont il s'agit était de fondation récente ; pour la mettre au régime d'une culture intensive, on a dû acheter au dehors des quantités considérables de paille, en une année où elle était précisément fort chère. Cette réserve faite, on doit con-

(1) La consommation réelle du fourrage n'a pas été de 1627 quintaux, admis dans les prix arbitraires, mais de 1837 quintaux.

clure des données qui précèdent que le prix réel du fumier est compris entre 15 et 20 fr. la tonne.

Parlons maintenant du prix des engrais chimiques.

Il y a, avons-nous dit, dans 40 000 kilogrammes de fumier :

Azote	163 kilogr.
Acide phosphorique	75
Potasse	150
Chaux	321

Pour obtenir l'équivalent de cette fumure sous forme d'engrais chimiques, il faut recourir aux produits suivants :

	Quantités.	Prix.
Phosphate de chaux	600 kilogr.	96 fr. » c.
Nitrate de potasse	320	198 40
Sulfate d'ammoniaque	560	224 »
Sulfate de chaux	830	17 »
	2287 kilogr.	535 fr. 40 c.

Soit 535 fr. pour l'équivalent de 40000 kilogrammes de fumier ; ce qui porte à 13 fr. 40 c. la quantité d'engrais chimiques pouvant tenir lieu d'une tonne de fumier, qui en coûte au moins 15.

Ainsi donc, à tous les avantages que nous leur avons déjà reconnus, les engrais chimiques joignent encore celui d'un prix plus réduit. Mais sans insister sur ces détails, comme sur la plus grande facilité qu'offrent leur emploi et la forme de leur azote, qui rend cet élément plus assimilable, il est bon de remarquer que l'engrais chimique dont nous faisons l'équivalent de 40 000 kilogrammes de fumier contient en plus 20 kilogrammes d'acide phosphorique. Quel ensemble de conclusions importantes !

Avec les engrais chimiques, les rendements sont plus élevés qu'avec le fumier, et voilà qu'à égalité de richesse, ils coûtent moins cher !

Le prix de 15 fr. la tonne, que j'ai adopté pour le fumier, ne peut-il dans certains cas descendre plus bas ? Je l'ignore. Je dirai tout de suite que je ne le crois pas. Cependant, n'ayant pas de parti pris, j'accueillerai avec reconnaissance toutes les rectifications sérieuses qu'on voudra bien m'adresser.

Mais là ne se bornent pas les avantages qui doivent résulter de l'emploi des engrais chimiques.

Faisons abstraction pour un moment de toute question de compte et de dépense, et voyons les conditions dans lesquelles se trouve l'agriculteur qui ne peut fumer ses terres qu'avec le fumier qu'il produit. Je prendrai la propriété de Bechelbronn comme exemple.

Cette propriété se compose de 110 hectares, dont 60, c'est-à-dire un peu plus de la moitié, sont en prairies. Au point de vue des traditions du passé, ce domaine est donc placé dans des conditions excellentes, puisqu'on fait à la production du fumier une part égale à celle des récoltes d'exportation.

Or, combien produit-il de fumier, et combien la terre reçoit-elle par hectare ? La production du fumier est de 710 tonnes par an, lesquelles, réparties sur 50 hectares de terre arable et 10 hectares de prairie haute, donnent en moyenne 11 833 kilogrammes, soit 12 tonnes par hectare et par an.

Mais une fumure annuelle de 12 tonnes de fumier est une fumure précaire. Vous le savez tous, messieurs, cultiver dans de telles conditions, c'est cultiver pour ne rien gagner.

Vous en jugerez par les rendements mêmes qu'on obtient à Bechelbronn :

Froment	18 hectolitres.
Avoine	32
Betteraves	26000 kilogr.
Prairies	4345

A Bechelbronn, on ne fait donc que de la culture à petit rendement et à bénéfice réduit ; cela est si vrai, qu'en fixant la rente du fonds à 3 pour 100, on obtient à grand'peine un bénéfice net de 3300 fr.

Ainsi, voilà un domaine dont la valeur est de 330000 fr. qui exige un fonds de roulement de 35000 fr., et où, pour n'avoir employé que du fumier, malgré la haute intelligence qui a présidé à sa direction, on n'a obtenu que des résultats infiniment précaires. Remarquons, en effet, que si l'on assimilait la ferme de Bechelbronn à une exploitation industrielle, sur les 3300 fr. de bénéfice net, il faudrait prélever le traitement d'un gérant, ce qui n'a pas été fait. Est-ce là une situation industrielle qu'on puisse donner comme exemple à qui que ce soit et en état de lutter contre l'importation étrangère ?

Changeons ces conditions, et voyons ce qu'on pourrait faire à Bechelbronn au moyen des engrais chimiques.

Que l'on dépense de ce chef 106 fr. par hectare, soit 5300 fr. en tout, et voici ce qui arrivera :

Les rendements passeront de 18 hectolitres à 30, soit 12 hectolitres de bonification : c'est-à-dire, contre une dépense de 100 fr., un excédant de récolte de 240, non compris la paille. Réduisons, si vous voulez, ce bénéfice au tiers, et mettons seulement de 80 à 100 fr. par hectare, il en résultera toujours ce fait important, qu'avec un surcroît de capital de 5000 fr., on peut porter le bénéfice de l'exploitation de 3300 fr. à 7000 ou 8000 fr. Veuillez remarquer que je mets ici tout au plus bas.

Ceci ne doit pas vous surprendre, messieurs, maintenant que les avantages de la culture intensive vous sont familiers.

Encore une fois, à Bechelbronn, sans rien changer, ni comme agencement, ni comme nature des cultures, et par le seul fait d'une avance de 106 fr. d'engrais chimiques par hectare, le bénéfice peut être triple.

Voilà une démonstration saisissante, ce me semble, de la vérité de ce principe, qu'en agriculture il n'y a de bénéfice qu'avec des fumures abondantes, et que, vu l'impossibilité où l'on se trouve de produire assez de fumier pour obtenir des rendements intensifs, il faut forcément avoir recours à un supplément d'engrais chimique. C'est là une situation sur la gravité de laquelle il ne faut pas fermer les yeux, car l'importation étrangère en aurait bientôt démontré le péril.

Dira-t-on que cette proposition est contestable à raison de l'exemple que j'ai choisi, et qu'il y a des agriculteurs dont l'industrie est plus avancée, ceux par exemple qui ont annexé des distilleries ou des sucreries à leur exploitation, et pour lesquels une importation d'engrais n'est pas nécessaire ?

Même dans ces conditions, la culture réduite à ses seules ressources ne peut fumer assez pour porter les rendements à la limite qui assure le profit.

M. Cavallier, dont la ferme a pour annexe une sucrerie, ne peut produire que 1000 tonnes de fumier par an, ce qui suffit à peine à l'entretien de 50 hectares, à raison de 50000 kilogrammes de fumier tous les deux ans. Eh bien, dans ces conditions, M. Cavallier n'obtient que de 35 à 40 000 kilogrammes de betteraves par hectare, alors qu'avec notre engrais complet il en a obtenu 59 600 kilogrammes l'année dernière.

Vous ne serez pas surpris si j'ajoute qu'en face de tels résultats, M. Cavallier s'est décidé à régler l'économie de ses cultures sur l'emploi permanent des engrais chimiques.

La conclusion à laquelle je veux arriver est celle-ci : dans la grande généralité des cas, le plus cher de tous les engrais, c'est le fumier de ferme.

Lorsqu'on veut n'employer que le fumier comme agent de fertilité, quoi qu'on fasse, la quantité que l'on produit est insuffisante pour obtenir de grands rendements; on reste dans les conditions de la culture à produits restreints, qui est en même temps celle des profits précaires et incertains.

Dans le passé, on avait érigé en axiome cette proposition, que, pour faire de la bonne culture, il fallait de la prairie, du bétail et du fumier. Or, je prétends que cette proposition est à la fois une hérésie agricole et économique. Réfléchissez-y.

L'agriculteur qui n'emploie que du fumier, et rien que du fumier, épuise sa terre. D'où vient le fumier? Du fonds. Le fumier ne répare donc pas en réalité la perte de phosphate de chaux, de potasse, de chaux et de matière azotée que le domaine a subie par l'exportation d'une partie des récoltes. Lorsqu'on exporte de la viande, la perte est moindre que lorsqu'on exporte du grain, mais elle n'en est pas moins réelle. Je le répète donc, cet axiome dont on a fait jusqu'ici le fondement et comme le palladium de l'art agricole est en réalité une véritable hérésie. Il n'a sa raison d'être que dans le cas très-exceptionnel où la prairie est arrosée par un cours d'eau limoneux, qui apporte en agents de fertilité l'équivalent de ce que l'exportation a fait perdre au domaine. Mais, je le répète, ce cas est si rare, qu'il est impossible de fonder sur lui une règle générale.

J'ai dit que la culture fondée uniquement sur l'emploi du fumier est aussi une hérésie économique. En effet, supposez le cas d'une terre médiocre, rendant sur le pied de 8 à 10 hectolitres de froment par hectare; calculez ce qu'il vous faudra de temps et d'argent pour l'amener à en produire 25 ou 30 avec *le fumier*, et vous serez saisis d'une véritable épouvante. Avec les engrais chimiques le changement est immédiat, la progression soudaine, les bénéfices immédiats aussi. Or, si nous remarquons qu'outre le bénéfice, on augmente dès la première année ses ressources en paille, n'est-il pas évident qu'au lieu de faire d'abord de la viande pour avoir du blé, il y a un avantage manifeste à renverser l'ordre préconisé jusqu'ici, et à commencer par faire du blé pour avoir un bénéfice d'abord, puis de la paille, et enfin du fumier?

Je le répète donc, la terre ne cesse de s'épuiser que lorsqu'il y a réellement importation d'engrais, et la solution qui nous est imposée par la nature des choses, c'est d'élever la fertilité du sol au moyen d'engrais composés artificiellement avec des produits existant à l'état de mine dans la nature, et qui semblent nous avoir été réservés pour réparer les déprédations du présent comme du passé, et nous préserver des désastres de l'avenir.

Il n'est donc pas exact de dire qu'avec du fumier et rien qu'avec du fumier, on suffit à tout. Ce qui est vrai, c'est que, pour obtenir sans délai de grands rendements, il n'y a qu'un moyen, c'est de recourir à une importation d'engrais artificiels, et d'engrais chimiques de préférence à tous autres, parce que ce sont les seuls dont la nature soit toujours rigoureusement définie et identique avec elle-même, les seuls, par conséquent, sur lesquels la fraude ne puisse s'exercer ; jusqu'à présent, à mon avis, les plus économiques.

Essayez de ramener à leur prix réel les produits de qualifications retentissantes préconisés par les marchands d'engrais, et vous les trouverez grevés d'un profit que l'usure la plus scandaleuse n'a jamais atteint.

Aujourd'hui que les éléments premiers de la fertilité nous sont connus, il ne peut plus être question de règles absolues, s'imposant à nous au nom d'une tradition qui se rapporte à un état économique différent du nôtre. Aujourd'hui nous dominons les exigences de la culture au lieu d'être dominés par elle. Je ne puis que répéter ce que j'ai dit dans une autre enceinte :

« Les agriculteurs ne sont plus soumis à la nécessité de » produire eux-mêmes leur fumier, ils se feront producteurs » d'engrais si, tout compte fait, ils y ont leur avantage; mais, » s'ils trouvent plus profitable de recourir aux engrais chimiques, rien ne les en empêche: il n'y a plus là une question de bonne culture, mais une question de prix de revient. »

Lorsqu'on veut introduire dans un domaine ces nouvelles méthodes pour arriver au maximum de produits, il faut encore opérer un changement dont je ne vous ai rien dit jusqu'à présent, et dont il est nécessaire que je vous entretienne, attendu qu'il a pour premier résultat de rendre à la culture une partie importante des terres qui étaient affectées à la production du fourrage, sans porter cependant atteinte aux ressources dont on disposait à cet égard.

Le changement dont il s'agit consiste à substituer, autant que faire se peut, la luzerne à la prairie.

Je puis invoquer à cet égard deux témoignages également imposants : celui de M. Boussingault, qui reconnaît que les luzernières rendent plus que les prairies; et celui de M. Schattenmann, qui a fait avec de grands avantages la substitution de ce que je vous entretiens.

Qui ne voit que si, à Bechelbronn, la nourriture du bétail étant assurée, les ressources en paille accrues, 15 à 20 hectares de prairies sur les 50 qu'on y entretient devenaient disponibles, il en résulterait certainement un accroissement considérable de revenu, surtout si l'on affectait cette partie du domaine à des cultures industrielles entretenues avec des engrais chimiques à hautes doses. C'est là un résultat d'autant plus important, qu'il peut être réalisé immédiatement avec un capital relativement très-faible.

Vous le voyez, messieurs, il n'y a pas moyen d'échapper à cette conclusion, que je dois répéter encore : En agriculture, le grand profit est aux abondantes fumures; tout ce qui n'est pas bien fumé rapporte peu, et ce n'est que lorsqu'on passe des petits rendements aux rendements élevés que le bénéfice commence. Tous les efforts doivent donc tendre à fumer avec abondance.

GEORGES VILLE,
Professeur-administrateur au Muséum d'histoire naturelle.

Annexe aux quatrième et cinquième entretiens.

Comme justification des résultats que j'annonce, il ne sera pas superflu de placer sous les yeux du lecteur le compte rendu suivant, publié par un agriculteur praticien dans le *Journal des fabricants de sucre* du 7 novembre 1867. Il aura, en outre, le mérite de montrer le chemin qu'ont fait depuis deux ans les idées que nous défendons :

« Monsieur le directeur,

» Mes expériences ont porté sur 3 hectares divisés en trois champs séparés d'un hectare chacun.

» Le premier avait reçu, au printemps de 1866 :

650 kil. de sulfate d'ammoniaque, ou
136 kil. d'azote;
200 kil. de phosphate de chaux réel à l'état de phosphate acide;
136 kil. de potasse épurée (200 kil. carbonate de potasse);
200 kil. de chaux.

» Semé en betteraves, il a produit, en 1866, 59640 kilogrammes de racines décolletées.

» Le deuxième champ avait reçu aussi, au printemps de 1866, le même engrais, à part la dose de sulfate d'ammoniaque, qui avait été réduite à

400 kilogrammes,
ou 84 kil. d'azote.

» Le rendement en betteraves de ce champ a été de 47325 kilogrammes de racines.

» Enfin le troisième champ a reçu, à l'automne de 1866 :

300 kil. de phosphate acide de chaux;
300 kil. de sulfate d'ammoniaque, ou
63 kil. d'azote;
200 kil. de sulfate de chaux.

» M. G. Ville, consulté par moi, pour me faciliter le moyen d'obtenir un rendement maximum, m'avait conseillé, au cas où cela serait nécessaire, l'addition d'une certaine quantité d'engrais incomplet sur les deux premiers hectares. Après une sorte d'hésitation provoquée par le magnifique aspect de la plante au sortir de l'hiver, je me décidai à laisser la terre à ses propres forces, redoutant les effets d'une végétation trop luxuriante et trop herbacée. Je suis heureux d'avoir suivi cette inspiration, car il est fort probable que le résultat des pluies abondantes du printemps eût, si j'avais employé un excès d'engrais, déterminé la verse de ces blés et déjoué mes espérances. Voici les rendements obtenus sur ces champs?

N° 1.

Grain...........	39 hectol. 95 à 75 kil. l'un.
Paille..........	5500 kil.

N° 2.

Grain...........	34 hectol. 66
Paille..........	5465 kil.

N° 3.

Grain...........	45 hectol. 81
Paille..........	5225 kil.

» Quelle est la valeur en argent de ces trois récoltes? Le compte, réduit d'un cinquième, conduit aux résultats suivants:

N° 1.

39 hectol. 95, à 25 fr. l'hectol........	998 fr. 75 c.
5500 kil. de paille, à 30 fr. les 1000 kil..	165 »
Total.........	1163 fr. 75 c.

N° 2.

34 hectol. 66, à 25 fr. l'hectol........	866 fr. 50 c.
5465 kil. de paille, à 30 fr. les 1000 kil..	163 95
Total....... ..	1030 fr. 45 c.

N° 3.

43 hectol. 81, à 25 fr. l'hectol.......	1095 fr. 25 c.
5225 kil. de paille, à 30 fr. les 1000 kil...	156 75
Total.........	1252 fr. 00 c.

» Je devrais m'arrêter là et livrer ces chiffres sans commentaire aux méditations des hommes de pratique; cependant comme on pourrait me dire que ces résultats ne sont pas supérieurs à ceux de la culture ordinaire, je tiens essentiellement à vous rappeler que ces champs étaient entourés de blés venus par les anciens procédés. Vous les avez vus, vous les avez examinés à loisir, vous avez pu comparer la différence surprenante qui se manifestait entre eux. Les blés aux engrais chimiques portaient la tige haute, leur épi était allongé et parfaitement rempli; ils étaient tellement robustes qu'on les aurait volontiers pris pour des roseaux; tandis que, de côté, les blés venus avec du fumier ou des écumes de défécation, affaissés sur eux-mêmes, ne présentaient qu'un épi rabougri. Au battage, cette différence n'a pas été moins saillante, car ces derniers n'ont rendu que 23 hectolitres avec le fumier et 16 hectolitres avec les écumes de défécation. Je conviens que l'année a été extrêmement défavorable à la formation du grain. La plante ayant végété avec trop d'activité, la verse a été presque générale, et a détruit les espérances d'une récolte qui promettait mieux. Par un été plus normal, il est probable que l'écart entre ces récoltes se fût un peu rapproché. Mais il n'en est pas moins indubitable que l'engrais chimique, en toutes circonstances, l'aurait certainement emporté. C'est ce que j'avais à cœur de constater; c'est ce qui, pour moi, double la valeur de l'expérience, car n'est-il pas palpable qu'une telle combinaison de matières fertilisantes est la plus précieuse de toutes, puisqu'on peut en régler l'emploi en augmentant ou en diminuant les doses selon les exigences des saisons et l'apparence de la plante, chose impossible avec le fumier et presque impraticable avec tout autre engrais moins soluble?

» Mais la question n'est pas là. Je plaide une cause gagnée, puisqu'il est clair pour tout le monde que les engrais chimiques ont une action immédiate d'une énergie de beaucoup supérieure à tous les autres.

» La question, pour nos cultivateurs, est plus sérieuse: il s'agit de savoir si ces végétations exubérantes sont l'expression d'un progrès agricole réel, ou s'ils ne sont qu'une sorte d'accident éphémère dont la terre ferait les frais, et dont le cultivateur serait en fin de compte la première victime. On sait ce que je veux dire : je veux parler de l'appauvrissement du sol. On a prétendu que ces rendements maxima étaient dus à la réaction dissolvante des engrais chimiques sur les richesses fertilisantes accumulées dans les couches du sol. On a dit que nous faisions de la *similiculture*, et qu'en imprudents et mauvais cultivateurs, nous grevions l'avenir au profit du présent; nous exploiterions inconsidérément la terre qui nous a été confiée, et dont, après tout, nous ne sommes que les usufruitiers, puisqu'en réalité elle appartient autant aux générations futures qu'à nous; nous gaspillerions des forces mises en réserve par nos prédécesseurs et que nous n'avions pas le droit de dépenser à notre profit!

» Voilà en quelques mots l'accusation. Il faut convenir qu'elle est très-grave; et je fais l'aveu que si elle était fondée, elle condamnerait sans retour le système qui l'aurait motivée. Mais je le répète, cette accusation est-elle fondée?... Les contradicteurs de M. G. Ville n'ont-ils pas été aveuglés, à leur insu, par une sorte de parti pris de repousser ce qui est nouveau, ce qui n'émane pas du cru de la vieille école? Je suis, il est vrai, un peu étranger aux questions de chimie agricole, pas autant peut-être qu'on pourrait le supposer; d'ailleurs, c'est moins ici une question de science qu'une

question d'arithmétique, et, sans prétendre à l'Académie, j'ai la prétention de savoir, lorsque j'emploie tel ou tel engrais, ce que le sol que je cultive a perdu en éléments de fertilité.

» J'essayerai donc, à l'aide de données acceptées par tout le monde, de démontrer que le système de M. Ville, appliqué à la culture de la betterave et du blé, avec fumure bisannuelle, loin d'être épuisant, permet d'accroître graduellement la fertilité de l'exploitation.

» Je prendrai comme base de mes calculs le champ n° 1, qui a produit :

En 1866	Betteraves....	59640 kil.
En 1867	Grain..........	2995 = 39 hectol. 95
	Paille...	5500

» Et j'admettrai dans la betterave et le froment :

	Betterave.	Froment.	Paille.
Azote..............	0,21 p. 100.	2,29 p. 100.	0,36 p. 100.
Phosphate de chaux...	0,21	2,47	0,45
Potasse............	0,29	0,72	0,65

» D'après cette composition, les deux récoltes représentent donc les quantités suivantes d'azote, de phosphate de chaux et de potasse :

	Azote.	Phosphate de chaux.	Potasse.
59640 kil. de betteraves....	125 kil.	125 kil.	173 kil.
2771 kil. de froment (moins la semence).......	63	68	19
5500 kil. de paille.......	19	25	36

» Et finalement, la balance entre l'engrais et la récolte devient :

	Récolte.	Engrais.
Azote....................	207	136
Phosphate de chaux..........	218	200
Potasse..................	228	136

» Au premier abord, la terre paraît en perte, et les contradicteurs de M. Ville semblent avoir raison contre lui. Mais cette balance est-elle l'expression de ce qui se passe dans une exploitation? Évidemment non. Les récoltes ne sont pas exportées en nature comme nous l'avons admis. Dans la réalité, les betteraves vont à la sucrerie, où elles sont transformées en pulpes qui retournent à la ferme et servent à l'alimentation du bétail et à une production plus large de fumier, ainsi que les pailles qui reçoivent la même destination.

» Recherchons donc ce que la ferme récupère en produits de diverses natures, et qui doivent entrer en déduction de ce que le sol a perdu.

	Azote.	Phosphate de chaux.	Potasse.
15000 kil. de pulpe.........	57 kil.	27 kil.	86 kil.
2000 kil. écumes de défée...	12	95	10
5500 kil. paille...........	20	25	36
Détritus divers............	5	»	»
	94 kil.	147 kil.	132 kil.

» Cette rectification faite, ces quantités d'agents de fertilité étant ajoutées aux termes correspondants de l'engrais, nous sommes conduits enfin à la balance suivante, qui est la véritable expression des phénomènes :

	Engrais et produits restitués.	Récolte.	Excédant en faveur du sol.
Azote............	230 kil.	207 kil.	23 kil.
Potasse.........	268	228	35
Phosphate de chaux.	347	218	129

» Voilà la vérité. Il est inexact d'avancer que pour nous, fabricants de sucre et cultivateurs, la question des engrais chimiques soit oiseuse et que leur utilisation conduise à une ruine certaine, ou tout au moins à l'appauvrissement de nos terres. Je vois apparaître le contraire en suivant le système tant décrié, car une source de bénéfices de plus en plus élevés et un accroissement de fertilité en découlent naturellement.

» Il est facile de s'en rendre compte sans cet attirail de preuves. La production de la betterave n'est-elle pas presque doublée? La quantité de pulpes fabriquées ne suit-elle pas les mêmes proportions? Une nourriture plus riche et plus copieuse n'est-elle pas mise à la disposition d'un bétail plus nombreux, et par contre-coup le fumier n'est-il pas plus abondant? Donc l'engrais chimique, loin d'exclure l'engrais de ferme, permet au cultivateur de le produire à meilleur marché et en plus grandes masses. On obtient un surcroît immédiat de profit, grâce aux agents de fertilité plus solubles et plus actifs qu'on a employés, et l'on a de plus la certitude d'une augmentation de bénéfices dans l'avenir, à raison des ressources plus considérables de fumier, conséquence inévitable de l'élévation imprimée aux premiers rendements. Ceux qui affirment que M. Ville proscrit l'usage du fumier ne s'aperçoivent pas que cette opinion est en opposition directe avec le fond même de ses doctrines, puisque les engrais chimiques ont pour résultat certain, et pour ainsi dire fatal, de développer nos ressources en paille et en nourriture.

» Maintenant j'admettrai, si l'on veut, que les deux récoltes soient exportées en nature, le système de M. Ville serait-il d'une application plus dangereuse? Nullement; car, dans ces conditions nouvelles, il suffirait de rendre à la terre l'équivalent de ce que les pulpes et les pailles nous auraient permis d'y ramener.

» Si l'on fait abstraction de la pulpe et de la paille, la terre est en perte, avons-nous dit, de :

	Quantités.	Prix.	
Azote................	71 kil.	142 fr.	» c.
Phosphate de chaux......	18	2	50
Potasse...............	92	69	35
Total des pertes présumées.....		213 fr.	85 c.

» Or, pour trancher souverainement la question de savoir si, dans ces conditions nouvelles, les procédés de M. Ville sont avantageux, il suffit de s'enquérir si, les frais de production étant grevés de 213 fr. 85 c., le résultat sera encore rémunérateur.

» Or, quel est, pour ce nouveau cas, le résultat de l'opération?

CRÉDIT.

59640 kil. de betteraves, ci..........	1192 fr.	80 c.
89 hectol. 95 de froment.........	998	75
5500 kil. de paille..............	165	»
Total des produits........	2356 fr.	55 c.

DÉBIT.

PREMIÈRE ANNÉE. — BETTERAVES.

Frais de toute nature................	490 fr.

DEUXIÈME ANNÉE. — FROMENT.

Frais de toute nature...............	410
Engrais pour deux ans..............	450
Total des dépenses.....	1350 fr.

» Différence, 1006 fr. 50 c.

» 1006 fr. 50 c. pour payer 213 fr. 85 c. d'engrais supplémentaire, destiné, je le répète, à compenser la perte résultant de l'exportation de la pulpe et de la paille !

» Vous remarquerez que j'ai admis dans tout ce qui précède que la totalité de l'azote venait du sol et qu'il fallait le lui rendre kilogramme pour kilogramme. Or, c'est là une supposition purement gratuite, que j'ai faite volontairement pour donner à ma démonstration plus de force et la mettre à l'abri de toute contestation.

» Je sais que les rendements obtenus depuis deux ans peuvent à bon droit être considérés comme des rendements maxima. J'admets la possibilité de les voir baisser sensiblement dans les années défavorables à l'engrais chimique. Mais quelle marge cependant, et comment admettre que les bénéfices que j'accuse puissent se changer en perte ?

» A. CAVALLIER. »

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Foucault et Brewster.

Depuis quelques semaines la mort moissonne bien largement parmi les membres de notre Académie des sciences ; à peine les funérailles de Serres étaient-elles terminées, qu'on apprenait presque en même temps la mort de Foucault et celle de sir David Brewster, associé étranger.

Léon Foucault était né, à Paris, le 18 décembre 1819 et n'avait, par conséquent, qu'un peu plus de quarante-huit ans. Il était membre du Bureau des longitudes, physicien de l'Observatoire de Paris et faisait partie de l'Académie des sciences depuis trois ans seulement. La photographie attira son attention dès son origine et lui doit plusieurs progrès importants. C'est lui qui a imaginé le gyroscope et le régulateur pour la lumière électrique, qui a reçu depuis tant d'applications diverses. L'expérience qui a le plus contribué à le rendre populaire, c'est l'application du pendule à la démonstration du mouvement de la terre. On se souvient de l'immense pendule installé sous le dôme du Panthéon, — lorsqu'il n'était pas encore devenu l'église Sainte-Geneviève, — et dont la pointe, traçant à chaque oscillation un nouveau sillon dans le sable sur le sol démontrait aux yeux que ce sol s'était déplacé. Ses travaux les plus importants sont la détermination directe de la vitesse de la lumière, — qui sera exposée dans un article que nous publierons prochainement, — et une belle démonstration expérimentale de l'identité de la chaleur et du mouvement, que M. Henri Sainte-Claire Deville rappelait ici même il y a peu de temps (ci-dessus, page 83, 11 janvier 1868). Ses fonctions à l'Observatoire le conduisirent à s'occuper de la construction des télescopes, à laquelle il fit faire les plus grands progrès. C'est à lui qu'on doit le beau télescope pour lequel on a organisé tout exprès l'Observatoire de Marseille. Le dernier perfectionnement qu'il introduisit dans la construction des instruments astronomiques, c'est la substitution d'une couche très-mince d'argent à une couche de noir de fumée sur les objectifs destinés à l'observation du soleil pour diminuer l'intensité trop grande des rayons lumineux. (Voyez notre tome IV, p. 681, 15 septembre 1866.)

Foucault avait reçu de la Société royale de Londres, — où il avait été élu membre avant d'entrer à l'Académie des sciences de Paris, — la grande médaille Copley, la plus grande distinction scientifique d'Angleterre, et qui n'a été decernée que deux ou trois fois à des savants français. Il n'occupa jamais aucune place dans notre enseignement officiel ; mais il rédigea longtemps le feuilleton scientifique du *Journal des Débats*.

A la différence de Foucault, sir David Brewster avait atteint l'âge où l'on doit s'attendre à la mort. Né à Jedburg (Écosse), le 11 décembre 1781, il était entré dans sa quatre-vingt-huitième année ; mais sa vieillesse était pleine de vigueur : il suivait toujours les controverses scientifiques et y apportait souvent une ardeur toute juvénile.

Brewster avait été destiné par sa famille au ministère ecclésiastique, et il fut même reçu licencié dans l'Église presbytérienne d'Écosse. Mais il refusa un bénéfice qui lui était offert pour se consacrer à l'étude de la physique, et, dès l'âge de vingt ans, il publiait déjà des recherches originales sur l'optique, qui devait faire l'occupation de toute sa vie. Il fut chargé pendant quelque temps du cours de physique à l'Université d'Édimbourg, mais il y renonça bientôt pour se consacrer tout entier aux spéculations scientifiques. Brewster s'occupa surtout de la polarisation de la lumière dès la découverte de cette propriété par Malus ; il suivit pas à pas les travaux de Fresnel et d'Arago, et c'est à lui qu'on doit une bonne partie de nos connaissances actuelles dans cette branche si importante de l'optique nouvelle. Il s'occupa également de la distribution de la chaleur sur le globe et de l'étude des minéraux, et inventa le kaléidoscope. On lui doit aussi le stéréoscope par réfraction, et il a prétendu, avec Fresnel, à l'invention des lentilles composées pour les phares.

Dès 1808, Brewster fut chargé de la direction de l'*Encyclopédie d'Édimbourg*, et il fonda, en 1819, le *Journal scientifique d'Édimbourg*. Il a publié plusieurs volumes de littérature scientifique, notamment des *Lettres sur la magie naturelle*, une *d'Euler*, *Les martyrs de la science* (Galilée, Tycho-Brahé, Kepler), enfin plusieurs volumes sur la vie de Newton, à l'occasion desquels il intervint avec tant d'ardeur pour défendre son héros dans les controverses soulevées devant l'Académie des sciences de Paris par les autographes de Pascal et de Newton publiés par M. Chasles, et qui reportent à Pascal l'honneur de la découverte de l'attraction universelle.

ÉCLIPSE DE SOLEIL DU 23 FÉVRIER 1868. — Dimanche prochain 23 février aura lieu une éclipse partielle de soleil visible en France, en Espagne, en Italie, dans l'Amérique du Sud et une grande partie de l'Afrique, qui sera centrale sur une ligne traversant l'Amérique du Sud de Lima à Rio grande del Norte et sur les côtes de Guinée en Afrique. A Paris, elle commencera à trois heures quarante-huit minutes du soir pour finir à quatre heures vingt-quatre minutes.

Notre collaborateur M. W. de Fonvielle doit profiter de cette occasion pour exécuter une ascension en ballon destinée à observer les circonstances de l'éclipse dans des conditions où les obstacles atmosphériques ne sont plus guère à craindre. Aujourd'hui vendredi, le ciel est voilé d'un rideau continu de nuages et, si cet état se perpétue jusqu'à dimanche, les observateurs placés sur la terre ne verront rien de l'éclipse, tandis qu'il sera facile de l'observer dans un ballon qui peut s'élever au-dessus de tous les nuages. M. W. de Fonvielle sera accompagné d'un photographe qui doit essayer de reproduire photographiquement toutes les circonstances de l'éclipse.

ACADÉMIE DES SCIENCES ; *élection de M. Laugier*. — L'Académie a procédé lundi dernier à l'élection d'un membre dans la section de médecine en remplacement de Velpeau. La section proposait : en première ligne, M. Laugier, professeur à la Faculté de médecine de Paris ; en seconde ligne, *ex æquo* : M. J. Guérin, directeur de la *Gazette médicale*, et M. Vulpian, professeur à la Faculté de médecine ; en troisième ligne, *ex æquo* MM. Broca et Gosselin, professeurs à la Faculté de médecine, M. Huguier et M. Maisonneuve. Au premier tour de scrutin, M. Laugier a été élu par 40 suffrages sur 58 votants, contre 11 donnés à M. J. Guérin, 4 à M. Vulpian, 2 à M. Gosselin, 1 à M. Broca.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 13 29 FÉVRIER 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. A. RICHE (1).

Le Chaud et le Froid.

Franklin, au génie duquel on doit la découverte du paratonnerre, et diverses autres inventions utiles ou économiques, Franklin a dit : « L'homme est un animal qui sait se fabriquer des outils. » Assurément, l'illustre philanthrope n'a donné ni voulu donner par ces mots une définition de l'homme, car il a fait abstraction de l'âme, qui différencie l'homme de l'animal plus encore que l'intelligence ; mais cette parole peint d'une manière pittoresque un caractère fondamental, distinctif, de la nature humaine.

Les perfectionnements introduits de notre temps dans l'art de produire et d'utiliser les hautes et les basses températures sont une éclatante justification de ce mot de Franklin, et je me propose de vous le montrer ce soir. Mais, auparavant, permettez-moi d'établir ce qu'il faut entendre par ces expressions : le *chaud* et le *froid*. Signifient-elles qu'il existe deux états différents de la matière, l'état chaud et l'état froid. Non, mesdames et messieurs, et une expérience bien simple ne peut laisser aucun doute sur ce point.

Versons de l'eau dans trois verres ; ajoutons dans l'un de la glace, dans un autre de l'eau chaude, puis trempons la main gauche dans le premier et la main droite dans le second. Au bout de quelques instants, retirons les mains, plaçons-les dans l'eau qui n'a reçu ni glace ni eau chaude, et essayons de porter un jugement sur l'état de cette eau.

Elle est chaude si j'écoute la main gauche, elle est froide si je prends la main droite pour juge, et cependant il s'agit de la même eau dans les mêmes conditions. Par conséquent, il n'y a pas de différence réelle entre le chaud et le froid ; et comme un seul point a été modifié, l'état de l'organe qui a reçu la sensation à la suite de laquelle nous avons porté un jugement, le chaud et le froid sont relatifs à nos organes, ils tiennent à nous-mêmes.

Pénétrons plus avant dans l'explication de ces résultats inverses. On désigne sous le nom de *chaleur*, un mouvement intérieur des corps qui a pour effet de les échauffer. L'organe du toucher nous permet d'apprécier leur degré d'échauffement, leur température, pour employer le terme technique, et l'expérience précédente démontre simplement que la température de l'eau qui n'a reçu ni glace ni eau chaude est supérieure à celle de l'eau glacée, et qu'elle est inférieure à celle de l'eau tiède.

C'est par une raison analogue que la glace produit en nous une sensation de froid, et l'eau bouillante une impression de chaud. La température de la glace est moins élevée que celle de notre corps, tandis que c'est la température de notre corps qui est moins élevée que celle de l'eau bouillante.

Nos organes ont besoin d'habitude pour ne pas confondre ces deux sensations. Donnez à un petit enfant, — plus d'un père ou d'une mère ici présents se sont plu assurément à tenter cet essai ; — donnez, dis-je, à un petit enfant une cuillerée d'un sorbet ou d'une boisson glacée, aussitôt il retirera la cuiller de sa bouche et dira : *Cela brûle* ; puis il soufflera sur la glace comme sur sa bouillie lorsqu'elle est trop chaude.

En résumé, ces mots « le *chaud* et le *froid* » expriment deux sensations différentes que nous éprouvons au contact des corps, lorsque leur température est plus ou moins élevée que celle de notre corps ou celle de la substance qui nous sert de terme de comparaison.

Parmi les progrès réalisés de notre temps dans l'art de produire de hautes températures, il faut placer au premier rang la substitution de l'oxygène, principe pur de la combustion, à l'air atmosphérique dans lequel l'oxygène est délayé dans les quatre cinquièmes de son volume d'un gaz inerte, l'azote. C'est en employant ce gaz que M. Gaudin, dont l'esprit ingénieux est bien connu de tous les savants, est parvenu à fondre le cristal de roche, réputé comme infusible à l'époque.

Un deuxième perfectionnement a consisté dans le remplacement du charbon, corps solide dont la surface seule agit sur l'oxygène, par un combustible gazeux. Ce gaz a été d'abord l'hydrogène, mais son prix élevé en rend impossible l'emploi dans l'industrie ; aujourd'hui c'est le gaz de l'éclairage qui contient les deux combustibles les plus énergiques, l'hydrogène et le charbon.

M. Perrot (de Genève) a fait exécuter à Paris, par M. Wiesnegg, un appareil très-ingénieux au moyen duquel on fond 2 à 3 kilogrammes de cuivre ou d'argent par l'action de l'air sur le gaz à la pression ordinaire.

L'air et le gaz arrivent simultanément par dix à douze becs (système Bunsen ordinaire) sur les parois inférieures d'un creuset de terre. La flamme, après avoir circulé autour de ce vase, se recourbe dans une enveloppe de terre, et les produits de la combustion s'engouffrent dans une cheminée ordinaire.

On doit à M. Schlœsing, directeur de l'École impériale des tabacs, une disposition fort heureuse, à l'aide de laquelle on

(1) Voyez d'autres conférences de M. A. Riche dans notre tome IV (1867), page 97 ; tome III (1866), page 105 et 393, et tome II (1865), page 506.

obtient une température plus élevée. Au moyen d'une soufflerie, on lance un courant d'air dans un tube de cuivre ; celui-ci est environné d'un autre tube concentrique que l'on adapte à un bec ou à un tuyau de gaz. Lorsque l'air lancé sous pression pénètre dans le chalumeau, il entraîne le gaz, et tous deux produisent à l'orifice commun où ils se rencontrent une température capable de liquéfier rapidement et économiquement le fer et l'acier.

M. Wiesnegg a réalisé une grande économie dans ce système. Il a profité de la forte aspiration que détermine l'air lancé dans le chalumeau pour y faire pénétrer sans force extérieure, outre le gaz, une certaine quantité d'air, ce qui diminue d'autant la proportion d'air que l'on doit envoyer par la soufflerie.

Enfin, M. H. Sainte-Claire Deville a imaginé un système aussi simple qu'énergique, grâce auquel le platine, qui résiste à l'action de l'air lancé sous pression sur les meilleurs combustibles employés dans l'industrie, se liquéfie très-aisément. Cet appareil est alimenté par l'oxygène et par le gaz. Il consiste en deux tubes concentriques de cuivre terminés par des bouts de platine (fig. 80). L'oxygène, recueilli d'a-

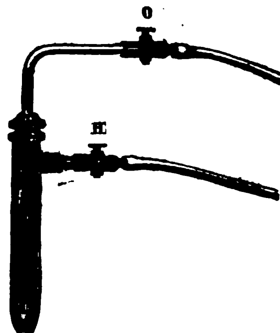


Fig. 80.

vance dans un sac de caoutchouc ou dans un gazomètre, pénètre dans le tube intérieur. Le gaz de l'éclairage arrive dans l'enveloppe, et ne se mêle à l'oxygène qu'à l'orifice : précaution rigoureusement indispensable, parce que ces deux corps se combinent avec explosion, et que si leur union avait lieu dans l'appareil, il volerait en éclats au grand risque du voisinage.

Le fait a une trop haute importance pour que je ne le démontre pas. Voici un flacon de verre d'un quart de litre environ. On y a introduit de l'oxygène et du gaz de l'éclairage dans les rapports voulus pour que leur combinaison soit complète. Mettons le feu à l'ouverture du vase ; une explosion se fait entendre. Cette explosion est tellement forte, qu'elle détermine parfois la rupture d'un vase aussi petit ; il ne faut donc pas s'exposer à faire une expérience de cette nature sans avoir entouré le flacon d'un linge replié plusieurs fois sur lui-même.

Le jet gazeux, en brûlant, donne naissance à une flamme si faible, qu'on serait tenté de croire qu'il produit fort peu de chaleur. Il est indispensable de vous démontrer le contraire. A cet effet, il me suffira de soumettre à l'action du gaz enflammé les substances les moins fusibles, les plus capables de résister à l'action du feu, et vous allez voir qu'elles vont entrer en fusion, se volatiliser et brûler avec une extrême facilité.

Voici du cuivre, de l'or, de l'argent en lames, ils se fondent aussitôt et émettent des vapeurs. Voici du fer, il se liqué d'abord, puis il s'enflamme en jetant de toutes parts des a grettes lumineuses d'oxyde.

Portons maintenant du platine dans cette flamme qui, prime abord, paraît si faible, à n'envisager que son app rence, et aussitôt il prendra l'état liquide. Or, si ce fil, q nous fondons avec tant de facilité, était porté dans un four fusion du fer, à cuisson de la porcelaine, dans le plus inten des foyers de l'industrie, il n'éprouverait pas la moindre a parence de fusion. En conséquence, plus de doutes, cet flamme est à une température extrême : pour vous en donne la mesure, il me suffira de vous dire que MM. H. Deville Debray sont arrivés à fondre à son aide, et en une seule opé ration, 100 kilogrammes de platine ; fait d'une haute impor tance, qui a révolutionné de la façon la plus heureuse la métallurgie de ce métal.

Longtemps on a su fondre le platine sans pouvoir utilise cette propriété, parce que tous les creusets dans lesquels o exécutait l'opération fondaient ou se brûlaient. M. Deville résolu cette difficulté en creusant des blocs de chaux hydrau lique où l'on introduit le platine à fondre, et en recouvran ces creusets de plaques de chaux percées, dans l'ouvertur desquelles on fixe l'orifice du chalumeau. La fonte du platin dans un creuset de cette matière se termine sous vos yeu en ce moment, et voilà 2 kilogrammes de platine que l'on coule dans un moule de brique réfractaire, et qui ont été liquéfiés en dix-huit ou vingt minutes.

La fonte et la volatilisation des corps, la combustion des métaux, ne sont pas les seuls résultats intéressants et utiles auxquels donne naissance cette température excessive ; il en est un autre plus remarquable, plus singulier encore. La lumière et la chaleur d'une flamme sont loin d'être des effets corrélatifs, car une simple bougie éclaire davantage que le jet de gaz et d'oxygène, et cependant le plus fusible des métaux que nous venons de fondre résisterait à son action.

N'aurions-nous pas le moyen de rendre éclatante cette flamme dont l'action calorifique est si puissante? Si, messieurs, et, pour vous en convaincre, il me suffira de dire que les essais de lumière si éclatants que vous avez pu voir ces soirs derniers sur la place de l'Hôtel-de-Ville sont produits précisément par le mélange d'oxygène et de gaz qui fonctionnent si humblement devant vous.

Le principe de cette transformation est aussi simple à comprendre qu'à réaliser.

Une flamme est éclairante lorsqu'elle renferme un corps solide porté au rouge. Si la bougie, si la chandelle, si le gaz ordinaire éclairent, c'est parce qu'il se trouve dans leur flamme du charbon solide, incandescent. En voulez-vous la preuve? Écrasons avec une soucoupe la flamme de cette bougie, et aussitôt la blancheur de ce vase sera souillée par un abondant dépôt de charbon.

Eh bien ! lançons le jet enflammé du chalumeau sur un corps infusible, — la chaux, la magnésie sont dans ce cas, — et vous verrez ce corps solide répandre une lumière, jeter un éclat tel, que vous ne pourriez pas le fixer longtemps sans danger pour votre vue.

C'est Drummond qui, le premier, a fait cette expérience avec l'hydrogène, et c'est sa réalisation industrielle que tentent en ce moment MM. Teyssié du Motay et Maréchal avec le gaz d'éclairage. Leur appareil est analogue à ce chalumeau ; seulement le cylindre de magnésie dont ils se servent est

frappé par un triple dard qui répand la lumière dans toutes les directions.

Il y a donc, dans une flamme, deux choses à distinguer : la température, le gaz la produit en brûlant ; la lumière : il faut, pour qu'elle se développe, un corps solide qui soit porté à l'incandescence.

Le principe sur lequel reposent les essais de MM. Teyssié et Maréchal est parfaitement juste. MM. P. Audouin et P. Bérard ont établi qu'une certaine quantité de gaz de l'éclairage donnait, en présence de la magnésie, sous l'influence de l'oxygène pur, quatorze ou quinze fois plus de lumière que par la simple combustion dans l'air. Mais il est clair que ce n'est point la seule considération, que ce n'est même pas la principale considération que l'on doive envisager, lorsqu'on se propose, comme ces honorables inventeurs, d'éclairer une ville par ce système : le point capital est la question d'économie.

Jusqu'à ce jour, l'oxygène n'a pas été obtenu à des prix abordables dans l'industrie. MM. Teyssié du Motay et Maréchal sont inventeurs d'une méthode qu'ils annoncent comme résolvant la question de l'extraction économique de l'oxygène de l'atmosphère.

Les matières premières sont le bioxyde de manganèse et la soude caustique.

On place dans une cornue de terre des quantités équivalentes de ces deux corps, et on les chauffe vers 450 degrés dans un courant d'air lancé par un moyen mécanique quelconque. La masse se transforme en un composé du manganèse plus oxygéné que le bioxyde, nommé l'acide manganique, qui se combine avec la soude. Au bout d'une heure ou deux, on arrête l'accès de l'air, et l'on dirige dans la cornue un courant de vapeur d'eau surchauffée, qui désoxyde le manganate de soude et entraîne l'oxygène. Ce gaz et la vapeur d'eau passent dans un tube refroidi où l'eau se condense, et le gaz est recueilli dans un gazomètre.

Lorsque le dégagement d'oxygène s'arrête, il reste dans la cornue un mélange de soude et de sesquioxyde, qui, soumis à un courant d'air, fixe de nouveau l'oxygène de l'air.

D'après M. Schwartzebr, chimiste de MM. Teyssié et Maréchal, on n'observe pas de diminution dans le rendement après soixante-quinze réoxydations successives.

Si la pratique industrielle confirme ces premiers résultats, et le fait n'est pas invraisemblable, quoique la présence de l'acide carbonique de l'air doive nécessiter une purification de cet air avant de le faire arriver dans la cornue, ces essais de lumière nous laisseront tout au moins une méthode pratique d'extraction d'oxygène de l'air atmosphérique.

Il est difficile, quant à présent, d'établir le prix de revient de ce gaz. D'après les inventeurs, il ne dépasserait pas 72 centimes, et ils se proposent de le livrer à 2 francs au particulier qui adoptera leur système d'éclairage ; car MM. Teyssié du Motay et Maréchal se proposent d'éclairer les rues de Paris et l'intérieur de nos habitations.

Quant à moi, je suppose la chose impraticable, et en voici les raisons. Il faudra commencer par établir dans le sol une deuxième canalisation, car nous avons vu que les deux gaz ne pouvaient être mélangés qu'aux becs où la combustion doit avoir lieu ; or la canalisation actuelle est de 350 lieues environ. Cette dépense énorme étant faite, il faudra mettre un régulateur à chaque bec et veiller à l'entretien du crayon de magnésie, qui renouvelle l'inconvénient de l'ancien réverbère, dans lequel il fallait, chaque matin, aller couper la mèche. Si encore le renouvellement de ce crayon ne devait se faire qu'à des intervalles assez éloignés, mais l'expérience a montré qu'il se creusait rapidement et qu'il fallait le remplacer après la deuxième soirée.

La surveillance sera beaucoup plus dispendieuse que dans le système actuel, car il arrivera fréquemment des ruptures des crayons de magnésie pendant la durée de l'éclairage, et il faudra un service de plantons pour les remplacements de ces objets, sans quoi la lumière serait tarie.

Mais enfin toutes ces difficultés se résolvent avec de l'argent, et si, malgré ces graves inconvénients, le nouveau système réalisait une notable économie sur la méthode ordinaire, on passerait outre. On ne peut rien dire de précis sur ce sujet, car les inventeurs sont dans une période d'essais, de tâtonnements, et pour la construction des fours à oxygène, et pour la disposition des becs et des crayons magnésiens ; mais, néanmoins, il est difficile de croire que ce système puisse recevoir des perfectionnements tels qu'il devienne économique.

La place de l'Hôtel-de-Ville est divisée en deux grands carrés asphaltés : le carré nord est éclairé par le nouveau système, et le carré sud par le gaz courant. Tout l'avantage est pour le premier, car il profite des lumières des boutiques de la rue de Rivoli.

L'intensité lumineuse répandue par la nouvelle méthode est très-variable. Quelquefois elle n'est pas plus forte que celle de l'éclairage ordinaire ; je ne l'ai jamais vue acquérir une puissance double. Or, en raisonnant sur le prix auquel MM. Teyssié de Motay et Maréchal entendent livrer l'oxygène, sur la dépense de gaz et d'oxygène qu'ils ont eux-mêmes accusée (1), c'est-à-dire en prenant comme vraies toutes les données des inventeurs, et, d'autre part, en admettant un pouvoir lumineux double, on arrive à ce résultat que le nouvel éclairage coûterait deux fois plus cher que l'ancien à la ville de Paris.

Ajoutons que le système nouveau ne donne des résultats remarquables au point de vue éclairant que lorsque la pression est forte ; et que si la pression est forte, la perte à l'allumage, la perte par ce consommateur invisible et insolvable, la *fuite*, deviennent très-considérables (2).

Cette lumière offre divers avantages. Au lieu d'être rougeâtre et vacillante, elle présente une belle teinte lilas assez agréable et une grande fixité, si on la compare à celle des anciennes lanternes de la ville ; mais cette dernière différence est bien moins saillante si l'on établit la comparaison avec un candélabre du système de MM. P. Audouin et P. Bérard, dans lequel l'air, au lieu de pénétrer par le bas de la lanterne, arrive par des ouvertures ménagées vers le haut des parois latérales et rencontre un auvent qui empêche l'agitation.

Mais, dira-t-on, s'il n'y a pas économie pour la Ville, qui achète le gaz 15 centimes le mètre cube, il y aura économie pour le particulier, auquel il coûte le double. C'est fort peu probable, car la lumière est si vive, si fatigante, qu'on devra faire usage de verres dépolis, et ceux-ci entraînent une perte de 30 et 35 pour 100. De plus, il faudra que le consommateur

(1) 50 litres de gaz / 75 — d'oxygène } par crayon et par heure.

(2) Aujourd'hui, malgré la faible pression qui existe dans les tuyaux (3, 4, 5 centimètres d'eau), la perte par les fuites est de 9 pour 100.

ait l'oxygène sous pression dans sa cave ou dans tout autre local, qu'il établisse dans son habitation de doubles canaux, des régulateurs, et il retombera sur les inconvénients des mèches, par le remplacement fréquent des crayons de magnésie.

Est-ce à dire que ces essais seront sans résultats pratiques? Je l'ignore, messieurs, mais j'espère qu'il n'en sera pas ainsi. Nous y gagnerons, je pense, un mode de fabrication économique de l'oxygène, et l'industrie en tirera parti tôt ou tard. De plus, ce système pourra servir comme éclairage de luxe, en raison de la belle teinte lilas de la flamme et surtout de la température moins élevée qu'elle produit. Chacun de vous a remarqué que lorsqu'un magasin, un lieu de réunion est éclairé par un nombre un peu considérable de becs de gaz, la température s'élève fortement et le séjour y devient fatigant. Il est clair que la chaleur est d'autant plus intense, qu'il y a plus de gaz brûlé ; or, comme le nouveau système réduit de beaucoup la consommation du gaz, on aura pour une même lumière moins de chaleur. Lorsqu'on a ouvert, il y a quelques années, les nouveaux théâtres de la ville de Paris (1), on a été frappé de l'heureux effet que produisait la substitution d'un éclairage supérieur à celui du lustre des autres salles, et ce système prévaudrait partout, s'il n'était une source de chaleur fort gênante pour le spectateur. Nul doute que le système nouveau ne soit destiné, dans un avenir prochain, à rendre des services dans ce cas et dans des circonstances analogues.

Si nous jetons un regard en arrière sur les inventions dont j'ai essayé de vous donner une idée, nous voyons que chaque pas réalisé dans l'art du chauffage a fait faire un pas semblable dans l'art de l'éclairage. On a utilisé, pour s'éclairer comme pour se chauffer, le gaz et l'air sans pression, le gaz et l'oxygène.

Nous avons montré que M. Schlœsing a produit des températures élevées en substituant l'air comprimé à l'oxygène; l'éclairage n'a-t-il pas essayé ce moyen? C'était là un desideratum il y a quelques mois; il a cessé de l'être aujourd'hui, grâce à M. Bourbouze, l'habile et modeste préparateur de ces conférences. Il a eu l'idée de recouvrir l'orifice du chalumeau de M. Schlœsing d'un réseau serré de fils de platine; ce métal, sous l'influence du gaz brûlant par l'air comprimé, est porté à l'incandescence la plus vive, car cette lumière suffit à nous éclairer en ce moment. M. Bourbouze utilise cette lumière à projeter les images agrandies des objets de petite dimension dans les cours de physique, de sorte que dans les lycées, dans les écoles où l'on ne possède pas de piles ni de gazomètre pour y condenser de l'oxygène, on peut faire aujourd'hui une foule d'expériences qui n'étaient réalisables que dans les établissements du haut enseignement.

Cette invention est appelée peut-être à rendre des services dans des circonstances analogues à celles sur lesquelles j'insistais à propos de la méthode de MM. Teyssié et Maréchal, surtout aujourd'hui que nous avons à Paris de l'eau en abondance et sous pression, et qu'il est facile, à son aide, d'établir des trompes, au moyen desquelles on se procure de l'air comprimé dans un espace circonscrit et à peu de frais.

La tâche que je vous ai imposée est plus d'à moitié remplie. Je crois avoir établi ce qu'il faut entendre par ces mots « *chaud* et *froid* »; avoir fait connaître la cause unique de ces deux effets, et donné une idée des perfectionnements introduits dans l'art de produire et d'utiliser les températures élevées.

Il me reste à faire connaître les moyens à l'aide desquels on réalise de basses températures, on produit du froid.

L'observation la plus élémentaire montre que les corps se présentent à nous sous trois états bien distincts; ils sont solides, liquides ou gazeux : la glace, l'eau, la vapeur de ce liquide en sont un exemple connu de tous.

Personne n'ignore davantage que pour fondre de la glace ou toute autre substance solide, il faut la chauffer; mais il est une circonstance, accompagnant ce changement d'état, qui est beaucoup moins connue, et sur laquelle je dois appeler toute votre attention.

Plaçons sur le feu un vase rempli de glace, au milieu de laquelle plonge la boule d'un thermomètre. La température indiquée par cet instrument ne s'élève pas, malgré l'action du feu, et elle se maintiendra rigoureusement constante tant qu'il restera un fragment de glace à fondre. Que devons-nous en conclure? Que la glace absorbe une certaine quantité de chaleur lorsqu'elle se liquéfie, et que cette chaleur est nécessaire au changement d'état, car elle n'est pas appréciable au thermomètre.

Ce fait n'est pas particulier à la glace, il est d'une absolue généralité. Un corps solide ne peut passer à l'état liquide qu'à l'expresse condition d'absorber de la chaleur. Eh bien! qu'arrivera-t-il si nous forçons une substance solide à se liquéfier sans que nous lui cédions de la chaleur? Le raisonnement fait pressentir que ce corps absorbera de la chaleur à sa propre substance, c'est-à-dire qu'il se refroidira. C'est ce qui se passe en réalité, et cette action est la base d'une méthode de refroidissement.

Beaucoup de corps solides, le sucre, le sel, le nitre, le chlorure de potassium, le nitrate d'ammoniaque, ont la propriété de fondre dans l'eau, de s'y dissoudre, pour employer la locution ordinaire, sans se combiner avec ce liquide. Cette liquéfaction s'accompagne d'un refroidissement.

Prenez quelques kilogrammes de chlorure de potassium ou de nitrate d'ammoniaque; mettez-les avec leur poids d'eau fraîche dans un seau de bois. Introduisez au milieu de ce mélange un vase mince de verre ou d'étain, contenant de l'eau ou une liqueur sucrée, et ces liquides se congèleront en peu de temps, si vous avez soin d'agiter ce vase intérieur.

Ces sels ont un prix peu élevé; d'ailleurs il suffira de chauffer la solution formée pour en expulser l'eau et reproduire le sel, qui pourra servir de nouveau et indéfiniment; de sorte que, avec une première mise de fond assez faible, vous pourrez avoir de la glace un nombre de fois illimité.

Eh bien, on dit cela chaque année dans tous les cours publics, et cependant cette pratique si simple n'est pas encore entrée dans l'économie domestique. Espérons que maintenant qu'on apprend aux femmes la physique et la chimie, ces notions se vulgariseront et seront utilisées : Molière lui-même n'y trouverait rien à redire.

Il y a là un intérêt plus grand que vous ne semblez le croire; l'art culinaire n'y gagnerait pas seul, la santé publique y trouverait un adjuvant précieux. La médecine traite aujourd'hui beaucoup de maladies par l'eau froide, les boissons glacées, la glace elle-même; or il est en France un grand nombre de villes, même populeuses, — je citerai, à ma connaissance, Angers, Montauban, — où l'on ne trouve pas, dans les étés chauds, de dépôts de glace, et où on la fait venir à

(1) [illegible]e Théâtre-Lyrique, le théâtre du Châtelet, la Gaieté.

grands frais, de Nantes pour la première ville, de Toulouse pour la seconde. Ne serait-il pas plus simple et plus économique de la préparer chez soi?

Il est clair que la réfrigération sera plus intense, si, au lieu d'employer l'eau liquide, on se sert de glace pilée ou de neige, et c'est de pareils mélanges que font usage les glaciers. Ils placent les liqueurs aromatisées et sucrées dans un vase cylindrique d'étain qu'ils plongent dans un mélange de 1 partie de sel marin et de 3 parties de glace pilée. Ils saupoudrent souvent ce mélange avec du nitre ou du chlorure de calcium cristallisé, pour hâter la fusion, et par suite le refroidissement.

L'emploi de ces mélanges est anciennement connu. Au milieu du XVIe siècle, on refroidissait déjà l'eau et le vin en Italie par l'emploi du nitre. Ce n'est guère qu'un siècle plus tard que cet art fut introduit en France par un Florentin nommé Couteaux; et son invention eut un succès rapide, car en 1675 on vendait des préparations glacées dans un grand nombre d'établissements publics.

Le passage d'un corps de l'état liquide à l'état gazeux absorbe de la chaleur comme le changement d'état dont nous venons de parler, et cette circonstance est le principe d'une deuxième méthode de refroidissement. Établissons d'abord la vérité du principe. Plaçons de l'eau sur le feu et portons-la à l'ébullition, après avoir introduit dans la vapeur la boule d'un thermomètre. Malgré la chaleur considérable fournie par le foyer, la colonne thermométrique reste stationnaire, et cette invariabilité se maintiendra tant qu'il restera de l'eau dans le vase.

Ce point démontré, forçons un liquide à se répandre en vapeurs, sans l'échauffer. Il absorbera de la chaleur à sa propre substance et aux corps qui le touchent, et la température de ceux-ci pourra s'abaisser d'autant plus, que le passage de l'état liquide à l'état gazeux sera rapide. Chacun de vous en a acquis la preuve quand, par mégarde, il a répandu sur sa main un peu d'éther. Ce liquide très-volatil s'est évaporé *rapidement* et a produit un froid très-sensible.

Les Arabes utilisent le froid qui résulte de l'évaporation de l'eau depuis une époque très-reculée, en conservant leurs boissons dans des vases de terre poreuse qu'on nomme *gargoulettes* en Égypte. Ces peuples, à l'époque de leurs invasions en Europe, ont introduit ces appareils en Espagne et en France, où nous les désignons par le nom d'*alcarazas*. Ce sont des espèces de carafes de terre poreuse jaune. On les remplit d'eau et on les place dans un courant d'air; l'eau suinte à travers les pores et arrive en gouttes minces sur les parois extérieures, où elle s'évapore. La température de l'eau peut descendre de 25 à 10 degrés.

M. Carré avait exposé au Champ de Mars un appareil peu dispendieux, que nous allons faire fonctionner devant vous, au moyen duquel on peut facilement préparer de l'eau ou des boissons glacées. Voici une carafe pleine d'eau commune; nous la mettons en rapport avec une pompe aspirante, après avoir eu soin de placer entre la carafe et la pompe un corps avide d'eau, l'acide sulfurique; puis nous enlevons par aspiration l'air qui presse sur cette eau. Comme un liquide entre en ébullition lorsque sa vapeur fait équilibre à la pression atmosphérique, l'eau de la carafe va bouillir dans quelques instants, c'est-à-dire se répandre en vapeurs abondantes qui seront absorbées au fur et à mesure par l'acide sulfurique. Voilà l'ébullition qui se déclare. Cette gazéification rapide ne peut avoir lieu qu'à la condition d'absorber beaucoup de chaleur, et comme aucune chaleur extérieure n'est fournie au liquide, il va se refroidir tant et si bien, que l'eau non vaporisée se gèlera. C'est encore là un appareil très-simple, et qui peut rendre de grands services dans la vie commune. Néanmoins l'acide sulfurique s'hydrate assez rapidement, il faut l'enlever et le remplacer; et c'est un liquide corrosif et dangereux à l'intérieur et à l'extérieur, qu'il ne faudrait pas mettre entre les mains d'une personne inintelligente ou maladroite.

Puisque les liquides se changent en gaz lorsqu'on diminue la pression à laquelle ils sont soumis, on doit pressentir que le changement inverse aura lieu si l'on comprime les gaz. C'est ce qui se produit en effet: on a réussi à liquéfier la plupart des gaz en les soumettant à des pressions suffisamment fortes, et c'est par l'examen de cette propriété que nous allons terminer cet entretien.

Il est des gaz qui se liquéfient sous de faibles pressions, mais il y en a d'autres qui ne passent à l'état liquide que sous l'influence d'une pression très-considérable : tels sont le gaz carbonique et le protoxyde d'azote. Ce dernier exige une pression de 30 atmosphères environ, à la température de 10 degrés.

M. Bianchi, à qui l'on doit de très-heureuses modifications dans la construction de ces appareils, a bien voulu préparer pour vous cette expérience.

Voici un vase de cuivre de la capacité d'un demi-litre, dans lequel il a comprimé 300 litres de protoxyde d'azote, et il contient environ 380 à 400 grammes de protoxyde liquide enfermé sous une pression de 30 atmosphères.

Je n'ai pas besoin de vous dire que ce vase constitue une véritable machine infernale, et que s'il éclatait, nous courrions les plus grands dangers; mais il a été éprouvé, et il a été essayé à la presse hydraulique sous une pression de 700 atmosphères.

Ouvrons le robinet qui ferme ce vase; le liquide s'échappe avec violence. Recueillons-le dans un tube entouré d'air sec, afin que l'humidité de l'air, recouvrant aussitôt ce vase de givre, ne nous empêche pas d'apercevoir le liquide, et étudions ses propriétés.

Ce liquide est à 88 degrés au-dessous de zéro. Ce fait paraît peu vraisemblable, car c'est à peine s'il bout à la température de cette salle. Le fait est vrai cependant, et cette évaporation lente tient à une propriété générale des liquides: lorsque ces corps sont placés dans des vases dont la température est beaucoup plus élevée que leur température propre, une sorte de gaîne de vapeur les sépare des parois du vase, et il n'y a pour ainsi dire pas de contact. Laissons tomber quelques gouttes d'eau dans ce liquide, elle se gèle aussitôt; cette eau, qui est très-chaude relativement au protoxyde d'azote, produit, en touchant ce liquide, le bruissement du fer rouge que l'on plonge dans l'eau.

Le mercure est un métal liquide qui se solidifie seulement à 40 degrés au-dessous de zéro; si nous en versons dans le protoxyde d'azote, il se gèle aussitôt et en grande masse, car sa température de solidification est beaucoup moins basse que celle du liquide où nous l'introduisons.

Le protoxyde d'azote est une substance qui possède les propriétés comburantes de l'oxygène très-développées. Introduisons un charbon presque éteint dans le tube où le mercure est congelé, et vous voyez ce charbon se rallumer avec vio-

lence et brûler avec éclat ; de sorte que vous avez côte à côte et le froid le plus intense, et la chaleur la plus forte.

Brisons ce tube : le mercure ne s'écoule pas ; il est complétement solidifié, et nous pouvons le marteler comme du plomb, dont il possède la mollesse.

Le protoxyde d'azote va nous offrir une application de ce fait démontré précédemment, qu'un liquide soumis à une évaporation rapide absorbe de la chaleur. Plaçons du protoxyde d'azote liquide sous la machine pneumatique et faisons rapidement le vide. Il entre en ébullition, et il absorbe assez de chaleur à sa propre substance pour se congeler comme l'eau se congelait tout à l'heure dans les mêmes circonstances, et vous voyez se produire une matière neigeuse, la neige du protoxyde d'azote, qui est à une température inférieure à 100 degrés au-dessous de zéro. Nous ne connaissons aucun froid plus intense que celui-là.

J'ai dit tout à l'heure qu'un liquide placé dans un vase très-chaud ne touchait pas aux parois et s'évaporait à peine. Je désire vous le montrer par une expérience remarquable, la plus surprenante que l'on puisse exécuter.

Voici un vase de platine porté à l'incandescence la plus vive. On y verse du protoxyde d'azote liquide dont la température est voisine de 100 degrés au-dessous de zéro. Ce liquide se maintient presque sans bouillir. Vous doutez peut-être : introduisons quelques instants dans ce liquide un tube de verre rempli de mercure, et brisons le tube. Le mercure est solidifié, et par conséquent la température du protoxyde d'azote versé dans un vase incandescent est inférieure à celle de solidification du mercure.

J'ai terminé, messieurs. On n'a pas réussi jusqu'à ce jour à préparer le protoxyde d'azote avec économie, et par conséquent on ne peut songer à utiliser ces basses températures ; mais un habile ingénieur, M. Carré, frère de celui dont je décrivais tout à l'heure un appareil à fabrication de la glace, est arrivé à liquéfier simplement et économiquement le gaz ammoniac par l'application d'une méthode imaginée par Faraday ; et ici même on vous a fait connaître, en traçant l'histoire de Faraday, ce précieux outil. Je ne reprendrai donc pas cette description ; je me contenterai de vous dire que la vaporisation spontanée de l'ammoniaque liquide développe une température très-basse, que M. Balard a utilisée pour retirer le sulfate de soude, et consécutivement les sels de potasse, de l'eau de la mer, et que l'on met à profit dans les brasseries et dans diverses industries pour fabriquer de la glace. Enfin, M. Carré a proposé de rafraîchir l'air au moyen de son appareil. L'application de cette idée n'a pas encore été tentée, et c'est fort regrettable ; car si ce projet se réalisait, nos salles de réunion cesseraient d'être un lieu de supplice, et, par suite, un désert pendant les chaleurs de l'été.

ALF. RICHE,
Répétiteur à l'École polytechnique, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie de Paris.

CHAMP D'EXPÉRIENCES DE VINCENNES.

ENTRETIENS AGRICOLES PAR M. GEORGES VILLE (1).

VI

Combinaison des engrais chimiques et du fumier.

Messieurs,

Dans toute exploitation d'une certaine étendue, il est indispensable de recourir au travail des animaux ; la culture à main d'homme, qui est le procédé caractéristique de la petite propriété, n'est possible, dès qu'on opère sur une échelle un peu importante, qu'à l'égard de certains produits d'un *grand* rapport, tels que la vigne, le houblon, le tabac, etc. Je le répète donc, lorsqu'on entre dans le domaine de la culture agricole proprement dite, l'intervention des animaux étant une nécessité qui naît de la force des choses, on produit du fumier, dont il faut absolument tirer parti et savoir régler l'emploi.

Je reprends donc la question au point où je l'ai laissée dans notre dernier entretien, et, pour compléter les notions générales que je vous ai présentées sur l'emploi mixte du fumier et des engrais chimiques, il me reste à vous indiquer les règles pratiques qu'on doit suivre en pareil cas.

Notre premier exemple a été un assolement de cinq ans, celui-là même qui est suivi à Bechelbronn, et qui comprend, vous le savez, la rotation suivante :

1re année................	Pommes de terre.
2e id................	Froment.
3e id................	Trèfle.
4e id................	Froment.
5e id................	Avoine.

A l'ouverture de l'assolement, la terre reçoit 40 000 à 50 000 kilogrammes de fumier ; or, dans 50 000 kilogrammes de fumier, les quatre termes de l'engrais complet sont représentés par :

Azote..........................	206 kil.
Potasse........................	187
Acide phosphorique..............	111
Chaux..........................	400

Remarquons qu'un tiers au moins de l'azote du fumier est perdu pour le sol, à cause de la décomposition préalable que le fumier doit subir pour manifester son action. On s'explique qu'avec une dose si faible d'engrais, on n'obtienne que des rendements précaires. Pour changer cet état de choses et mettre la terre au régime de la culture intensive, il faut doubler au moins la dose des agents de fertilité au moyen des engrais chimiques, et concentrer sur chaque plante celui des quatre termes de l'engrais complet qui remplit à son égard la fonction de *dominante*. Pour l'assolement qui nous occupe, je vous proposerai de répartir ainsi les engrais supplémentaires :

	A L'HECTARE.		
	Quantités.	Prix.	Dépenses.
PREMIÈRE ANNÉE. — POMMES DE TERRE.			
Fumier....................	50000 kil.		Mém.
Phosphate acide de chaux.....	200	32	98 fr.
Nitrate de potasse...........	100	62	
Sulfate de chaux.............	200	4	

(1) Voyez ci-dessus, pages 75, 100, 131, 146 et 192, numéros des 4, 17 et 25 janvier, 1er et 22 février 1868.

DEUXIÈME ANNÉE. — FROMENT.

Sulfate d'ammoniaque........	200 kil.	80	80 fr.

TROISIÈME ANNÉE. — TRÈFLE.

Phosphate acide de chaux.....	200 kil.	32	164 fr.
Nitrate de potasse..........	200	124	
Sulfate de chaux............	400	8	

QUATRIÈME ANNÉE. — FROMENT.

Sulfate d'ammoniaque........	200 kil.	80	80 fr.

CINQUIÈME ANNÉE. — AVOINE.

Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.
Dépense pour cinq ans...........			542 fr.

La dépense pour cinq ans étant de 542 fr., la dépense annuelle moyenne est de 108 fr.

Avec le fumier tout seul, la pomme de terre rend 12 000 kilogrammes de tubercules par hectare, le froment 18 hectolitres de grain, l'avoine 30 hectolitres, le trèfle 5000 kilogrammes de fourrage. Avec le surcroît d'engrais chimiques qui vient d'être indiqué, le rendement des pommes de terre s'élève à 20 000 kilogrammes au moins, celui du froment à 30 hectolitres, celui de l'avoine à 45 ou 50, et le trèfle ne donne pas moins de 8000 kilogrammes de fourrage sec.

Si l'on devait remplacer la pomme de terre par la betterave, il faudrait substituer à l'engrais de la première année le suivant :

PAR HECTARE.

	Quantités.	Prix.	Dépenses.
Nitrate de potasse...........	200 kil.	124	194 fr.
Nitrate de soude............	200	70	

Les autres engrais restant d'ailleurs les mêmes, dans ces nouvelles conditions, la dépense pour les cinq années serait portée de 542 à 638 fr.; ce qui mettrait la dépense annuelle en nombre rond à 128 fr. au lieu de 108 fr.

Mais tandis qu'avec le fumier seul, le rendement des betteraves s'élève à grand'peine à 26 000 kilogrammes par hectare, avec le supplément d'engrais il se trouvera porté de 40 000 à 50 000 kilogrammes au moins.

Dans les régions favorables à la culture du colza et de la betterave, comme le département de la Somme par exemple, la pratique trouve de grands avantages à faire précéder la betterave par une sole de colza, sur laquelle on concentre toute la fumure disponible; dans ces nouvelles conditions, la terre est mieux préparée pour les cultures de céréales qui suivent, et le fumier, parvenu à un état de décomposition plus avancé, contribue plus efficacement au succès des betteraves.

Si l'on modifiait dans ce sens l'assolement qui précède, voici comment on devrait répartir les engrais supplémentaires :

A L'HECTARE.

	Quantités.	Prix.	Dépenses.
PREMIÈRE ANNÉE. — COLZA.			
Fumier..................	50000 kil.	Mém.	Mém.
Sulfate d'ammoniaque........	300	120	120 fr.
DEUXIÈME ANNÉE. — BETTERAVES.			
Cendres provenant de la combustion de la paille et des siliques de colza..........	Mém.	Mém.	Mém.
Nitrate de potasse..........	200 kil.	124	194 fr.
Nitrate de soude...........	200	70	
TROISIÈME ANNÉE. — FROMENT.			
Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.
QUATRIÈME ANNÉE. — TRÈFLE.			
Phosphate acide de chaux.....	300 kil.	48	180 fr.
Nitrate de potasse..........	200	124	
Sulfate de chaux..........	400	8	
CINQUIÈME ANNÉE. — FROMENT.			
Sulfate d'ammoniaque........	200 kil.	80	80 fr.
Dépense pour cinq ans...........			694 fr.

La dépense serait cette fois de 694 fr. Pour les cinq années, la dépense annuelle supplémentaire s'élèverait à 138 fr. 80 c. On pourrait toutefois remplacer le deuxième froment qui succède au trèfle par de l'avoine, et, dans ce cas, supprimer le sulfate d'ammoniaque prescrit pour la cinquième année, ce qui réduirait la dépense totale à 614 fr. et la dépense annuelle à 122 fr. 80 c.

Je rapporterai comme dernier exemple un assolement de six ans, dans lequel les engrais chimiques, employés d'abord tout seuls, ne sont associés au fumier qu'à partir de la seconde année.

Voici d'abord la composition de l'assolement :

1re année..........	Lin.
2e id.	Betteraves.
3e id.	Froment.
4e id.	Colza.
5e id.	Froment.
6e id.	Avoine, seigle ou orge.

J'ai dit que la première année, on ne doit employer que des engrais chimiques, parce que leur supériorité à l'égard du lin est maintenant un fait hors de contestation. Le lin, en effet, peut être placé, au point de vue qui nous occupe, entre le froment, qui exige, vous le savez, des fumures riches en azote, et les légumineuses, qui ne réclament que la partie minérale de l'engrais. Il réussit donc mieux avec les engrais chimiques, parce que l'on peut alors réduire la proportion de l'azote, sans porter atteinte à celle des minéraux. Je vous ai cité le résultat obtenu chez M. Chavée, dont la récolte a été vendue sur pied au prix de 920 fr. par hectare.

Je reviens à la formule des engrais :

A L'HECTARE.

	Quantités.	Prix.	Dépenses.
PREMIÈRE ANNÉE. — LIN.			
Phosphate acide de chaux.....	400 kil.	64	196 fr.
Nitrate de potasse..........	200	124	
Sulfate de chaux...........	400	8	
DEUXIÈME ANNÉE. — BETTERAVES.			
Fumier de ferme..........	50000 kil.	Mém.	Mém.
Nitrate de potasse..........	200	124	194 fr.
Nitrate de soude...........	200	70	
TROISIÈME ANNÉE. — FROMENT.			
Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.

QUATRIÈME ANNÉE. — COLZA.

Phosphate acide de chaux.....	400 kil.	64	252 fr.
Sulfate d'ammoniaque........	450	180	
Sulfate de chaux............	400	8	

CINQUIÈME ANNÉE. — FROMENT.

Cendres provenant de la combustion des pailles et des siliques de colza (1).......	Mém.	Mém.	Mém.
Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.

SIXIÈME ANNÉE. — AVOINE, ORGE OU SEIGLE.

Sulfate d'ammoniaque........	200 kil.	80	80 fr.
Dépense pour les six ans...........			962 fr.

Ici la dépense est plus élevée; mais ayez égard aussi à la nature et à la valeur des produits. En mettant même les choses au plus bas, je crois qu'en moyenne le produit brut de la récolte ne doit pas s'éloigner de 1000 à 1100 fr. par hectare.

Je pourrais multiplier les exemples, vous citer d'autres assolements; mais comme ils rentreraient tous dans les mêmes règles et se déduiraient des mêmes principes, il me paraît préférable de vous rappeler ces principes et ces règles, ce qui vous permettra de substituer votre initiative à la mienne, et d'arrêter vous-mêmes la formule et la dose de vos engrais.

Je l'ai dit à plusieurs reprises, et il faut que je le répète encore : le fumier doit ses bons effets à l'azote, au phosphate de chaux, à la potasse et à la chaux qu'il contient.

Car si l'on opère côte à côte avec du fumier et avec un mélange de ces quatre corps; à richesse égale, les rendements obtenus avec les engrais chimiques l'emportent toujours sur ceux du fumier.

Je vous ai dit, en outre, et je dois également le répéter, que chaque terme de l'engrais complet remplissait une fonction prédominante ou subordonnée à l'égard des trois autres, suivant la nature des plantes que l'on cultive. Ainsi l'azote, qui est la dominante du froment, descend au rang d'agent subordonné à l'égard des légumineuses, etc. Mais, et c'est ici un point essentiel sur lequel je dois insister, que les dominantes ne manifestent leur action qu'à la condition expresse que le sol soit pourvu, dans une certaine mesure, des trois autres termes de l'engrais complet.

La matière azotée est la dominante du froment et du colza. Et pourtant, dans un sol de sable pur, la matière azotée seule ne produit presque pas d'effet; mais ajoutez les minéraux au sable, la matière azotée imprime à la végétation une activité qui tient du prodige, et, jusqu'à une certaine limite, le rendement correspond à la proportion d'azote employé.

Cela étant, vous allez comprendre quel est le rôle du fumier dans le système des fumures mixtes. Par sa nature et par sa masse, il agit nécessairement avec lenteur, attendu que son action est subordonnée à la décomposition préalable de la partie hydrocarbonée, qui en forme les 95 centièmes. Dans ces conditions, le fumier devient l'équivalent d'un fonds de richesse acquise. Avec le fumier tout seul, les grands rendements sont impossibles, parce que la somme des agents assimilables disponibles n'est jamais assez élevée. Mais que l'on ajoute annuellement au fumier la dominante que réclame chaque culture, et aussitôt les rendements et les bénéfices atteignent leur limite la plus élevée. Et maintenant, si je rappelle que la matière azotée est la dominante du froment, du colza et de la betterave; la potasse, celle des légumineuses; le phosphate de chaux, celle des navets; que les minéraux sans azote donnent les rendements les plus élevés avec la luzerne; que les minéraux additionnés d'un peu d'azote conviennent de préférence au lin et à la pomme de terre; non-seulement vous apercevez les règles qui m'ont dirigé dans les indications qui précèdent, mais vous pouvez à leur aide combiner les successions de cultures les mieux appropriées aux conditions dans lesquelles vous êtes placés.

Ce n'est pas tout encore : pour que la solution du problème de la production agricole soit vraiment complète, il ne suffit pas de connaître les agents qui sont la source et la cause de la fertilité, il faut être sûr que leur emploi n'est pas une cause de dépérissement pour le sol, et qu'en fin de compte ils ne lui prennent pas plus qu'ils ne lui rendent.

Afin d'apporter à l'examen de cette question un caractère de rigueur, de précision, et en même temps de généralité, qui rendent mes conclusions sans appel et applicables à tous les cas possibles, je la formule en ces termes :

PEUT-ON CULTIVER INDÉFINIMENT LA MÊME TERRE AVEC DES ENGRAIS CHIMIQUES, ET TOUJOURS AVEC LE MÊME SUCCÈS? MA RÉPONSE EST ABSOLUE. — OUI, CELA SE PEUT, MAIS A DEUX CONDITIONS TOUTEFOIS :

1° Rendre à la terre par les engrais plus de phosphate de chaux, plus de potasse, plus de chaux que les récoltes ne lui en ont pris.

2° Lui rendre environ 50 pour 100 de l'azote des récoltes. Je dis environ, parce que cette proportion n'a rien d'absolu, attendu qu'il y a des plantes qui en demandent moins, et d'autres même qui peuvent s'en passer complétement.

Ici une première question se présente. Pourquoi plus de minéraux, et moins ou point d'azote? Pourquoi? Mais vous avez déjà répondu. Parce qu'une partie de l'azote des végétaux vient de l'air, et qu'il y en a même qui le puisent plus particulièrement à cette source. A l'égard de l'azote, la quantité qu'il faut rendre au sol varie suivant les plantes entre 0 et 50 pour 100. S'agit-il des légumineuses, c'est 0; passe-t-on au froment, c'est 50 pour 100.

A l'égard du phosphate de chaux, de la potasse et de la chaux, il faut que la restitution excède ce que la terre a perdu, parce que c'est exclusivement dans le sol que les végétaux les puisent, et qu'on doit non-seulement compenser les pertes que chaque récolte détermine, mais encore parer à celles qui résultent de l'action dissolvante des eaux pluviales.

Examinons si les formules d'engrais que j'ai prescrites satisfont aux deux conditions que je viens de vous indiquer.

Je vous ai dit dans notre dernier entretien qu'on pouvait cultiver indéfiniment le froment sur la même terre, à la condition de lui fournir en quatre ans les doses suivantes d'engrais ainsi réparties :

A L'HECTARE.

	Quantités.	Prix.	Dépenses.
PREMIÈRE ANNÉE. — BLÉ.			
Phosphate acide de chaux.....	400 kil.	64	295 fr.
Nitrate de potasse...........	200	124	
Sulfate d'ammoniaque........	250	100	
Sulfate de chaux............	350	7	

(1) Il faut enterrer les cendres avant le premier labour, et ne répandre le sulfate d'ammoniaque qu'au moment de semer.

DEUXIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.

TROISIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Phosphate acide de chaux.....	200 kil.	32	180 fr.
Nitrate de potasse...........	100	62	
Sulfate d'ammoniaque........	200	80	
Sulfate de chaux............	300	6	

QUATRIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.
Dépense totale..............			715 fr.

C'est-à-dire :

Azote, 260 kil. équivalant dans la récolte à.	520 kil.
Acide phosphorique..................	120
Potasse.........................	141
Chaux..........................	306

Au moyen de ces doses renouvelées tous les quatre ans, on obtient très-aisément quatre récoltes de 30 à 35 hectolitres et de 5000 kilogrammes de paille chacune par hectare.

Or, si nous faisons la balance de ce que l'engrais a fourni à la terre, et de ce que les quatre récoltes lui prennent, nous trouvons qu'elle se solde, à l'égard de tous les termes de l'engrais, par un excédant en faveur du sol.

	Engrais.	Récoltes.	Perte pour le sol.	Gain pour le sol.
Azote, 260 kil. équivalant à.	520 kil.	472 kil.	» kil.	48 kil.
Acide phosphorique.......	120	98	»	22
Potasse................	141	112	»	29
Chaux................	306	48	»	258

Vous le voyez, messieurs, la balance se clôt par un excédant général en faveur de l'engrais. En présence de ces chiffres, on peut donc dire avec certitude que l'emploi des engrais chimiques n'a rien à redouter de l'avenir.

Mes expériences dans le sable calciné, confirmées par les cultures du champ de Vincennes, qui remontent maintenant à plus de huit années, me semblent mettre cette conclusion à l'abri de toute contestation possible.

Dans l'exemple qui précède, j'ai admis à dessein que la totalité de la récolte, paille et grain, était perdue pour le domaine ; j'ai admis en outre que la terre était cultivée à main d'homme. Par cette double supposition, la démonstration se trouve portée à l'extrême. Il est vrai que cette situation si regrettable, on la trouve en France chez les petits cultivateurs, qui manquent presque complétement de fumier, et qui, par l'étendue des intérêts qu'ils représentent, affectent très-péniblement la fortune publique.

Je passe maintenant au cas d'une culture alterne de colza et de froment, et je suppose encore que tout sera vendu, paille et grain. L'engrais comprendra pour les quatre années (1) :

Azote, 300 kil. équivalant dans la récolte à.	600 kil.
Acide phosphorique.................	120
Potasse.........................	141
Chaux..........................	306

Les quatre récoltes de froment et de colza contiennent (1) :

Azote..........................	590 kil.
Acide phosphorique.................	134
Potasse.........................	269
Chaux..........................	281

Cette fois, si nous faisons la balance, un fait grave nous frappe, la terre est décidément en perte sur deux points : la potasse et l'acide phosphorique.

	Engrais.	Récoltes.	Perte pour le sol.	Gain pour le sol.
Azote..................	600 kil.	590 kil.	» kil.	10 kil.
Acide phosphorique.......	120	134	14	»
Potasse................	141	269	128	»
Chaux................	308	281	»	48

Il n'y a point ici à se faire illusion, la terre est décidément en déficit, les engrais proposés sont insuffisants, et leur emploi trop prolongé finirait par porter atteinte à la fertilité du sol. Et pourtant, dans la réalité, ces engrais suffisent, et la terre ne s'épuise pas. Ces faits, en apparence contradictoires, sont faciles à concilier.

Pour simplifier la discussion, j'ai admis que la culture précédente était faite à main d'homme, et que tout était vendu, paille et grain. Mais, messieurs, vous n'ignorez pas que si la paille de froment est, dans certains cas, d'un écoulement facile, il n'en est plus de même de la paille et des siliques de colza, qui n'ont pas un cours commercial et dont il serait souvent à peu près impossible de tirer aucun parti. Dans cette situation, il est naturel de leur chercher un emploi. Supposons qu'on les brûle, et qu'on répande sur le sol les cendres provenant de leur combustion. La terre récupérera ainsi en potasse et en acide phosphorique plus qu'il ne faut pour compenser notre déficit de tout à l'heure.

Cette restitution a donc pour conséquence immédiate de changer le sens de la balance. La terre était en perte, et maintenant, au contraire, elle reçoit un excédant.

Pour vous montrer combien les résidus de récolte, sans valeur commerciale, peuvent, dans la pratique, en acquérir une importante comme source de fertilité, permettez-moi de replacer sous vos yeux la composition de deux récoltes de colza,

(1) Je rappelle la rotation des engrais :

PREMIÈRE ANNÉE. — COLZA.

		Prix.	
Phosphate acide de chaux.....	400 kil.	64	315 fr.
Nitrate de potasse...........	120	74	
Sulfate d'ammoniaque........	425	170	
Chaux...................	350	6	

DEUXIÈME ANNÉE. — BLÉ.

Sulfate d'ammoniaque........	300 kil.	120	120 fr.
Cendres des pailles et siliques de colza................		Mém.	Mém.
Dépense totale..............			435 fr.
Par an.................			217 50 c.

(1) Voici la décomposition de ces récoltes :

DEUX RÉCOLTES DE COLZA.

	Récoltes.	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.
Paille..	10328 kil.	107,40 kil.	15,90 kil.	33,14 kil.	98,62 kil.
Siliques.	4608	50,88	9,58	147,04	143,52
Graine..	4678	195,96	60,14	33,34	15,20

DEUX RÉCOLTES DE FROMENT.

	Récoltes.	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.
Paille..	8750 kil.	71,66 kil.	10,32 kil.	27,64 kil.	18,36 kil.
Déchets.	1400	14,16	2,64	1,98	2,72
Grain...	5306	150,10	36,08	26,62	2,70
		590,16 kil.	134,66 kil.	269,66 kil.	281,12 kil.

et de refaire notre balance de tout à l'heure, dans la supposition que la paille et les siliques ont été brûlées sur le sol, et qu'on n'exporte que la graine.

COMPOSITION DE DEUX RÉCOLTES DE COLZA.

DEUX RÉCOLTES DE COLZA.

	Récoltes.	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.
Paille...	10328 kil.	107,40 kil.	15,90 kil.	33,14 kil.	98,62 kil.
Siliques.	4608	50,88	9,58	147,04	143,52
Graine..	4678	195,96	60,14	33,34	15,20

BALANCE RECTIFIÉE PAR LA COMBUSTION DES PAILLES ET DES SILIQUES DE COLZA.

	Engrais.	Exporté par les récoltes.	Perte pour le sol.	Gain pour le sol.
Azote............	600 kil.	590 kil.	» kil.	10 kil.
Acide phosphorique..	120	108	»	14
Potasse...........	141	89	»	52
Chaux............	306	38	»	267

Ce nouvel exemple nous montre, messieurs, la nécessité, lorsqu'on fait le décompte d'une rotation, de ne considérer comme perdus pour le sol que les produits réellement exportés; les résidus qui vont au fumier et retournent à la terre ne peuvent être compris dans cette catégorie.

Il peut se présenter un troisième cas, toujours en dehors de l'intervention des animaux : c'est celui où le petit producteur, placé loin d'un chemin de fer ou d'une ville, ne trouverait pas plus à vendre la paille de froment que la paille de colza. Qu'en fera-t-il?

Il a le choix entre deux partis : il peut brûler les pailles de blé comme celles de colza, ou les transformer en véritable fumier en faisant pourrir les unes et les autres.

Si l'on dispose par couches horizontales la paille de froment et la paille de colza, et qu'on arrose le tas avec de l'eau, dans laquelle on a délayé et laissé croupir quelques centaines de kilogrammes de tourteaux de colza, ce liquide, agissant comme l'urine dans la préparation du fumier, détermine très-rapidement la décomposition de la masse entière; au bout de trois ou quatre jours les pailles s'échauffent au centre du tas, la température s'élève à 50 ou 60 degrés, et en moins de quinze à vingt jours la désagrégation de la fibre ligneuse est complète, les pailles ont perdu leur texture, elles ont passé à un état semi-pâteux, voisin de celui du fumier.

Lequel de ces deux procédés est le meilleur? Par la putréfaction, on évite une perte d'azote importante, mais on a plus de frais de main-d'œuvre, à cause du transport des pailles, de la préparation du fumier et de son épandage; par la combustion, on évite ces frais, mais on perd l'azote, auquel on est tenu de suppléer par un apport de sulfate d'ammoniaque ou de nitrate de soude.

Je le répète, entre ces deux procédés, pour moi, le choix est indifférent; dans la pratique ils s'équivalent : c'est la dépense seule qui doit déterminer nos préférences.

Si nous passons au cas plus général où le travail des champs se fait par les animaux et où la production du fumier devient une nécessité à laquelle on ne peut se soustraire, le problème reste le même, et les règles qui nous ont dirigé continuent à lui être applicables.

En effet, quelle est la nature du fumier? Son origine vous le dit assez. Ce sont des produits végétaux modifiés par la digestion animale; le fumier, comme les résidus de récoltes, tire sa valeur de l'azote, du phosphate, de la potasse et de la chaux qu'il contient.

Je ne vous présenterai donc pas en détail la balance des assolements où le fumier est associé aux engrais chimiques, parce que l'importance des pertes réellement subies par le sol dépend alors de la part variable que l'on fait à l'exportation des produits végétaux et à l'élève du bétail; mais, afin de vous donner le moyen de faire vous-mêmes ce compte, nécessaire dans toute exploitation bien dirigée, j'ai réuni dans un tableau la composition moyenne du fumier et celle de toutes les récoltes comprises dans les assolements que je vous ai indiqués, de telle sorte que tout le travail se réduit à quelques multiplications.

Envisageons maintenant la question des engrais chimiques sous le rapport financier, et prenons, comme premier exemple, le cas d'une production exclusive de froment au moyen des engrais chimiques seuls.

Rien n'est variable comme un compte de culture; tout l'affecte, la vicinalité, l'abondance, la rareté de la main-d'œuvre et le régime agricole lui-même. Il est impossible de présenter un pareil compte sans s'exposer à toute sorte d'objections, que chacun tire de sa situation particulière. Pour échapper à cet inconvénient dans les appréciations qui vont suivre, je me bornerai à mettre en regard le prix de l'engrais et la valeur de la récolte, laissant à chacun le soin de tirer de ce parallèle les conclusions qui s'appliquent à sa situation personnelle.

Le rendement étant de 35 hectolitres de grain et de 5000 kilogrammes de paille, si l'on fixe le prix du grain à 20 francs l'hectolitre et celui de la paille à 35 francs les 1000 kilogrammes, la récolte représente une valeur de 875 francs.

Ci..................................	875 fr.
Contre une dépense annuelle d'engrais de...	178
Excédant de produit............	697 fr.

Vous me direz peut-être que dans cette évaluation, je n'ai pas compris les frais de transport de l'engrais. L'observation est juste. Ajoutons donc de ce chef une somme de 30 francs, l'excédant en faveur de la récolte restera de 567 francs pour couvrir le loyer du sol, les impôts, les frais de culture et les intérêts du capital engagé.

Je vais examiner une seconde hypothèse, qui s'applique surtout à la moyenne et à la grande culture : celle d'une exploitation dirigée d'après les anciennes traditions, mais dont les rendements sont faibles, et que l'on veut faire passer au régime de la culture intensive et des grands rendements avec le moindre capital possible. Afin de donner plus de précision à tout ce qui va suivre, je prendrai encore une fois le domaine de Bechelbronn comme exemple.

Là on n'emploie que du fumier, et sur les 110 hectares qui composent le domaine, 60 sont affectés à la prairie et 50 seulement à la culture proprement dite. La somme des produits bruts est par année de 20 460 francs, obtenus à l'aide d'un fonds de roulement de 35 000 francs.

Voici le résumé de cette production :

CULTURE AVEC FUMIER SEULEMENT (1).

	Hectares en culture.	RENDEMENT. Par hectare.	Total.	PRODUIT. Par hectare.	Total.
…mmes de terre.	7	12230 kil.	85610 kil.	550 fr.	3850 fr.
…tteraves……	3	26347	79041	422	1264
…ment (grain)..	20	18 hect. 50	371 hect.	361	7220
Id. (paille).	»	3244 kil.	64880 kil.	81	1622
…rèfle………	10	5805	58050	319	3190
…voine (grain)…	10	31 hect.	310 hect.	304	2940
Id. (paille)…	»	1874 kil.	18740 kil.	37	374
			Production totale………		20460 fr.

…or, moyennant un surcroît d'engrais de 106 francs par hec…re, la somme des produits bruts sera portée de 20460 à …1345 francs, laissant un bénéfice de 8785 francs au lieu de …00 francs (2).

CULTURE AU RÉGIME MIXTE DU FUMIER ET DES ENGRAIS CHIMIQUES.

	Hectares en culture.	RENDEMENT. Par hectare.	Total.	PRODUIT. Par hectare.	Total.
…mes de terre.	7	20000 kil.	140000 kil.	900 fr.	6300 fr.
…tteraves……	3	40000	120000	640	1920
…ment (grain)..	20	30 hect.	600 hect.	585	11700
Id. (paille)..	»	4500 kil.	90000 kil.	112	2250
…èfle………	10	8000	80000	440	4400
…voine (grain)…	10	45 hect.	450 hect.	427	4275
Id. (paille)..	»	2500 kil.	25000 kil.	50	500
			Production totale………		31345 fr.

Produits bruts par le régime mixte du fumier et des engrais chimiques……………	31345 fr.
Produits bruts avec le fumier seulement….	20460
Différence en faveur du deuxième système.	10885 fr.

10885 francs d'excédant de produit contre un excédant de …épense de 5300 francs ; le profit est de 100 pour 100. Le fonds …e roulement était à l'origine de 35000 francs ; il aura suffi …e le porter à 40300 francs pour tripler le bénéfice.

Je n'ai pas besoin d'ajouter que dans les deux cas les prix …e vente sont les mêmes ; j'ai admis sans changement ceux …ue M. Boussingault a pris pour base de ses évaluations.

Ce résultat est-il un maximum? Bien loin de là, j'ai fixé les …ndements à 20 pour 100 au moins au-dessous de la réalité. …oici en effet ceux obtenus depuis trois ans par M. Lavaux à …a ferme de Choisy-le-Temple (Oise) :

	Rendements à l'hectare.
1865. Blé………………	40 hectol.
1866. Colza……………	33
1867. Blé de mars………	34
1867. Betteraves……….	60000 kil.

(1) Voici les prix fixés dans ce compte par M. Boussingault :

Pommes de terre……….	45 fr.	» c.	les 1000 kil.
Betteraves……………	16	»	id.
Trèfle…………………	55	»	id.
Paille de froment…………	25	»	id.
Paille d'avoine…………	20	»	id.
Froment…………………	20	»	l'hectolitre.
Avoine…………………	9	50	id.

(2) On m'apprend que Bechelbronn a été divisée en deux exploita…ns distinctes ; tout ce qui précède se rapporte à l'état de la propriété …ant cette division et au moment où M. Boussingault en dirigeait l'ex…ploitation.

Le surcroît de bénéfice réalisé sur les 50 hectares qui forment la culture de Bechelbronn n'est pas le seul avantage qu'on puisse retirer des engrais chimiques.

Sur les 110 hectares dont le domaine se compose, pour produire le fumier on doit en affecter 60 à des prairies dont le rendement moyen ne dépasse guère 4000 à 5000 kilogrammes de foin par hectare.

Au moyen d'une fumure appropriée on pourrait porter aisément ce rendement à 8000 kilogrammes, ce qui rendrait disponibles, sans aucune diminution de produits, 15 ou 20 hectares qu'on pourrait affecter à des cultures industrielles.

Vous savez que le résultat serait plus sûrement atteint en remplaçant les prairies par des luzernières.

L'emploi des engrais chimiques, dans le cas qui nous occupe, se traduit donc par deux résultats également avantageux : accroître le rendement de toutes les cultures ; réduire la surface affectée à la production du bétail, sans diminuer le nombre des animaux, ou élever ce nombre, si l'on aime mieux, de 30 pour 100 au moins.

Lorsque l'agriculture n'avait aucune notion positive sur les véritables agents de la fertilité, qu'elle devait faire marcher en quelque sorte de front la production du fumier et celle des céréales et tirer tous les engrais de son propre fonds, elle ne pouvait faire à la prairie une part inférieure à la moitié de la surface totale, sans épuiser le sol et se condamner à une ruine à peu près inévitable.

Dans l'économie de ce régime, la prairie avait pour destination principale de puiser dans l'air l'azote que les céréales doivent trouver dans le sol, et les animaux n'étant qu'un moyen de préparer le fumier, on confondait dans un tout homogène le foin de la prairie et les pailles des céréales qu'on ne pouvait pas vendre.

Avec les engrais chimiques, le problème agricole se simplifie et devient susceptible d'une solution plus indépendante. Il ne peut plus être question de règle absolue. La maxime : Faites de la prairie et du bétail pour avoir des céréales, perd le caractère d'axiome qu'on lui avait donné ; j'ajouterai qu'aujourd'hui cet axiome serait un non-sens agricole et une hérésie économique, attendu qu'avec du fumier seulement les rendements sont toujours faibles et que le blé revient à 18 francs l'hectolitre au moins, prix auquel il n'est pas rémunérateur. Je dis donc que cet axiome a perdu son caractère de nécessité imposée à la culture.

Et je répète ce que vous savez d'ailleurs, que du moment que les véritables agents de la fertilité nous sont connus, on n'est tenu à faire du fumier que si l'on y trouve son profit, et que dans le cas contraire la solution est toute prête : employer des engrais chimiques. Il n'y a plus là une question de culture, mais simplement une question de dépense et de prix de revient.

La nécessité imposée à l'agriculteur, ce n'est pas de faire du fumier, mais de fumer plus abondamment que par le passé, à quelque agent que l'on ait recours, au fumier, aux engrais chimiques, employés séparément ou simultanément ; mais dans tous les cas deux règles sont à observer. Vous les connaissez ; mais comme elles résument le dernier mot de la science agricole, je me crois obligé de vous les rappeler :

1° Rendre à la terre plus de phosphate, plus de potasse et de chaux que les récoltes ne lui en font perdre.

2° Lui rendre en outre 50 pour 100 de l'azote qu'elles contiennent.

Vous voyez maintenant en quoi les nouveaux procédés diffèrent des anciens.

Dans le passé, vous étiez sous l'empire d'une loi qui vous dominait; vous étiez forcés de faire à la prairie et aux animaux une part destinée à maintenir l'équilibre entre la sortie et l'entrée des agents de fertilité.

Dans le passé, la matière azotée avait la prairie pour unique origine; la potasse, les phosphates et la chaux provenaient de la prairie, des litières, ou d'amendements faits à tâtons et sans règle précise.

Dans le passé, où la prairie était l'unique source du fumier, les rendements étaient nécessairement précaires, parce que dans ce cas les ressources en engrais sont toujours insuffisantes. Ainsi on ne dépassait pas : pour le froment, 18 à 20 hectolitres à l'hectare; pour les pommes de terre, 10 000 à 12 000 kilogrammes; pour les betteraves, 30 000 kilogrammes. Or, dans ces conditions, l'agriculture est devenue impossible.

Aujourd'hui il n'y a plus qu'une seule chose qui nous domine, et encore. La nécessité d'entretenir des bêtes de trait pour préparer le sol et exécuter les transports. En dehors de cette nécessité, nous possédons une liberté d'action sans limite; nous ne ferons de la viande et du fumier que si, tout compte fait, nous y trouvons notre avantage.

Et lorsque nous prendrons ce dernier parti, nous pourrons, sur une surface relativement restreinte, produire plus de viande qu'autrefois, parce que nous pouvons élever le rendement des prairies comme celui des autres cultures.

Nous sommes soumis, cela va sans dire, à la nécessité de rendre au sol plus que nous ne lui avons pris; mais l'observation de cette loi ne nous impose plus l'obligation de produire du fumier au delà de ce qui est conforme à nos intérêts. Nous pouvons y satisfaire à l'aide d'engrais étrangers, dont la nature et la quantité n'ont plus rien d'indéterminé et peuvent être réglées avec une certitude complète.

Pour quiconque réfléchit, pour quiconque cherche à comprendre les problèmes qui agitent notre temps, il n'est pas bien difficile d'apercevoir la solidarité qui existe entre les grands intérêts de notre pays et la question que nous cherchons à résoudre en ce moment. A une époque où les voies de communication n'avaient pas le développement qu'elles ont acquis, les marchés intérieurs offraient aux produits agricoles des débouchés assurés et faciles; mais aujourd'hui, avec la liberté du commerce et la facilité des moyens de transport, les agriculteurs sont appelés à lutter sur nos propres marchés avec le monde entier. Pour que la lutte soit possible et fructueuse, il faut absolument que les rendements de toutes les cultures soient poussés à leur limite la plus élevée. Par les procédés anciens, ce résultat est impossible, à moins de changer l'économie de notre régime agricole, ce qui ne peut s'improviser, et ce qui exigerait d'ailleurs un capital tellement formidable, qu'il n'y faut pas songer.

Avec les engrais chimiques, la question est tout autre. Elle se réduit à cette simple proposition. Ajouter pour 100 francs d'engrais par hectare aux ressources de fumier dont on dispose; dépenser 150 à 200 francs si l'on n'a pas de fumier; et le résultat se traduit par un excédant immédiat de récolte dont la valeur représente deux fois l'excédant de dépense qu'il a occasionnée. Il n'y a pas de doute et d'objection à élever contre cette proposition. C'est un fait.

Puissent donc les méthodes que le champ de Vincennes a eu pour destination de faire connaître, recevoir une application de plus en plus générale! J'appelle sur leurs effets le [contrôle] le plus sévère de la pratique; et j'ajoute que si les [pro]grès qui naîtront de ces tentatives devaient, en dépassa[nt le] point où je suis parvenu, faire presque oublier mes pro[pres] efforts, je m'en consolerais sans trop de tristesse, soutenu [par] la persuasion où je suis, que notre pays doit en tirer un [ac]croît incalculable de richesse et de prospérité.

GEORGES VILLE,
Professeur-administrateur au Musé[um]

Comme application pratique des idées défendues dans [ces] entretiens, nous croyons utile d'y joindre encore un ext[rait] d'un travail publié par un grand agriculteur dans le *Jour[nal] des fabricants de sucre* de jeudi dernier :

Cultures comparatives des betteraves avec les engrais chimiques et le fumier.

Les champs d'expériences que vous connaissez ont été [in]stallés sur trois points du territoire assez distants les uns [des] autres.

Je ne veux pas m'étendre sur les précautions prises p[our] assurer la réussite et surtout la sincérité des résultats. L['en]quête à laquelle vous vous êtes livré au Mesnil vous a é[difié] suffisamment, et vous témoignerez au besoin des soins sc[ru]puleux qui ont présidé à leur formation et à leur direct[ion] pendant la durée de la végétation des betteraves.

Premier champ d'expériences.

Nature des engrais.	Racines à l'hectare.	
Engrais complet	47275 kil.	580 racines à l'are.
Sans potasse	44500	
Sans phosphate acide	42600	
Sans chaux	40500	
Engrais minéral	37200	
Fumier, 50000 kil. à l'hectare	30200	
Sans engrais	27540	

Deuxième champ d'expériences.

Nature des engrais.	Racines à l'hectare.	
Engrais complet	47100 kil.	540 racines à l'are.
Sans chaux	45700	
Sans phosphate acide	42700	
Sans potasse	42560	
Engrais minéral	35930	
Fumier, 50000 kil. à l'hectare	32695	
Sans engrais	25220	

Troisième champ d'expériences.

Azote seul comparé au fumier et à la terre sans engrais.

Nature des engrais.	Racines à l'hectare.
Azote seul	45600 kil.
Fumier, 50000 kil. à l'hectare	34500
Sans engrais	28300

Quatrième champ d'expériences.

Installé sur les terres de M. Génermont, cultivateur au Mesnil-S[aint-]Nicaise, et confié à ses soins.

Nature des engrais.	Racines à l'hectare.
Engrais complet	50800 kil.
Sans chaux	50300
Sans potasse	49000
Sans azote	41400
Sans phosphate	39200
Sans engrais	29700
Azote seul	36000

L'engrais complet contenait environ 75 kilogrammes d'azote sous forme de nitrate de soude et de nitrate de potasse.

Le fumier titrait 0,45 d'azote par 100 kilogrammes, soit, sur les 50 000 kilogrammes, 225 kilogrammes d'azote.

L'engrais complet coûtait 320 fr., dont voici le détail :

Nitrate de soude	300 kil.	à 35 fr.	105 fr.
Nitrate de potasse	200	à 62	124
Noir acide	400	à 16	64
Sulfate de chaux	400	à 2	8
Transport			5
Manipulation			4
		Total	320 fr.

Le fumier revenait à 10 fr. les 1000 kilogrammes, soit 500 fr. par hectare.

Nous savons que j'ai récolté sur :

1° *La terre sans engrais.*

	Racines à l'hectare.
1er champ	27540 kil.
2e champ	25220
Rendement moyen à l'hectare.	26380

2° *L'engrais complet.*

1er champ	47275 kil.
2e champ	47100
Rendement moyen à l'hectare.	47187

3° *Le fumier.*

1er champ	30200 kil.
2e champ	32695
Rendement moyen à l'hectare.	31447

En prenant pour terme de comparaison les 26 380 kilogrammes du carré sans engrais, je constate que les 225 kilogrammes d'azote du fumier ont déterminé un supplément de récolte de 5067 kilogrammes, qui, évalués en argent, ont produit 101 fr. 34 c.

Que, d'un autre côté, les 75 kilogrammes d'azote de l'engrais *chimique* ont déterminé un excédant de 20 807 kilogrammes en racines, et de 416 fr. 14 c. en argent.

Différence en faveur de l'engrais chimique, 314 fr. 80 c.

Ce qui revient à dire, en termes plus expressifs, que le fumier, ayant coûté 500 fr. et n'ayant accusé finalement que 101 fr. 34 c. de récolte supplémentaire, a laissé au compte des récoltes futures la somme de 398 fr. 66 c., tandis que le prix d'achat de l'engrais chimique a non-seulement été amorti du premier coup, mais encore il est resté entre mes mains un surcroît de bénéfice de 96 fr. 14 c.

Je ne veux pas pénétrer plus avant au fond de la question, car il est inutile de soulever d'intempestives discussions.

D'ailleurs, ces chiffres ne portent-ils pas en eux un grand enseignement pour les esprits décidés à se rendre à l'évidence? Cela me suffit.

Je passe à un autre ordre d'idées.

On n'a pas oublié que précédemment l'azote avait été distribué à mes carrés d'essais sous forme de sulfate d'ammoniaque.

Au printemps dernier, j'ai suivi à la lettre les conseils de M. Georges Ville, et j'ai donné la préférence au nitrate de soude et au nitrate de potasse.

Avec le sulfate d'ammoniaque, l'an dernier,

	Racines à l'hectare.		
Le rendement a été de..	47325 kil.	pour 80 kil.	d'azote.
—	51000	pour 100	—

Cette année, avec le nitrate de soude et de potasse,

Le rendement a été de..	47275 kil.	pour 75 kil.	d'azote.
—	47100	pour 75	—
—	50800	pour 75	—

Il est donc évident que les nitrates agissent sur le développement de la plante avec une vigueur incomparable, puisqu'à dose inférieure d'azote, le rendement en racines a atteint, s'il n'a pas dépassé, celui que l'on peut considérer comme l'expression du maximum de puissance du sulfate d'ammoniaque. Si, en même temps, on daigne se rappeler les accidents de végétation provoqués par un printemps froid et pluvieux suivi d'un été trop sec; si l'on jette les yeux sur l'ensemble d'une récolte mauvaise, à ce point qu'elle paraît généralement s'être abaissée d'un quart au-dessous d'une bonne moyenne ordinaire, on reconnaîtra qu'un tel résultat est surprenant et qu'il est propre à faire méditer attentivement les affirmations de M. Georges Ville.

CULTURE EN GRAND.

Les carrés d'essais offrent-ils une garantie d'expérimentation satisfaisante, et peut-on se fier à eux pour établir par induction un système complet de culture.

Je le crois, et non-seulement je le crois, mais j'en ai la certitude acquise, car mes expériences faites sur une vaste échelle confirment de tout point l'exactitude mathématique de ce procédé nouveau, dont la création et l'application appartiennent incontestablement au savant professeur du Muséum d'histoire naturelle.

Je ne pense pas nécessaire de déterminer la contenance de chaque pièce (1). Pour plus de clarté, je continuerai d'établir mes points de comparaison à l'hectare.

Tourteaux de suint, 3 pour 100 d'azote suivant analyse.

	Racines à l'hectare.
Un hectare (azote, 175 kil.)	31000 kil.

Tourteaux de viande, 4 pour 100 d'azote suivant analyse.

Un hectare (azote, 175 kil.)	32500 kil.

Tourteaux de colza.

Un hectare (azote, 125 kil. environ)		32000 kil.
Fumier	60000 kil. à l'hectare.	
(Azote)	270	
Un hectare	34850 kil.	

Engrais complet.

	Racines à l'hectare.	
1er champ	47500 kil.	Azote, 75 kil.
2e champ	47800	
3e champ	44500	
4e champ	40500	
5e champ	51000	
Rendement moyen à l'hectare	46260 kil.	

Engrais complet.

	Racines à l'hectare.	
1er champ	50700 kil.	Azote, 83 kil.
2e champ	52500	
3e champ	55000	
Rendement moyen à l'hectare	52700 kil.	

Je ne ferai pas ressortir les différences de rendements dues

(1) Les expériences avec les tourteaux de suint ont eu lieu sur 3 hectares environ, et celles avec l'engrais complet sur 15 hectares environ.

à l'élévation des doses d'azote, ce serait tomber en d'interminables redites. Mais je ne puis m'empêcher de faire remarquer *qu'aucun engrais pulvérulent, quelque puissant, quelque bien préparé qu'il soit, ne peut, à prix égal, soutenir la comparaison avec les engrais chimiques.*

En effet, reprenons et complétons les chiffres précédents.

Que disent-ils? qu'expriment-ils?

52700 kil.	prod. moy. de l'engr. compl. p. 350 fr.		de dép.
31000	id.	tourt. de suint p. 349	id.
32500	id.	tourt. de viande p. 348	id.
32000	id.	tourt. de colza p. 350	id.

C'est-à-dire différence en faveur de l'engrais chimique :

	En poids.	En argent.
Sur le tourt. de suint......	21700 kil.......	434 fr.
Sur le tourt. de viande.....	20200 kil.......	404 fr.
Sur le tourt. de colza......	20700 kil.......	414 fr.

Je renonce à prolonger le parallèle à l'égard du fumier; chacun peut en dresser le compte. L'écart n'est ni moins sensible ni moins frappant, et j'évite de conclure en présence de pareils résultats, toute conclusion devenant parfaitement inutile.

ENGRAIS CHIMIQUE COMBINÉ AVEC LE FUMIER.

ESSAI SUR QUATRE HECTARES.

Premier champ.

		Rendement.
Fumier seul :	60000 kil......................	34800 kil.

Deuxième champ.

Azote supplémentaire.	60000 kil. fumier................ 400 kil. nitrate de soude........	44500 kil.

Troisième champ.

Azote supplémentaire.	60000 kil. fumier................ 400 kil. demi-engrais chimique...	50300 kil.

Quatrième champ.

Azote : 56 kil.	60000 kil. fumier................ 200 kil. nitrate de soude........ 200 kil. nitrate de potasse.......	54700 kil.

AUTRE ESSAI SUR DEUX ARES.

Azote : 56 kil.	60000 kil. fumier................ 200 kil. nitrate de soude........ 200 kil. nitrate de potasse.......	67500 kil.

1° Le prix des 400 kilogrammes du nitrate de soude, manipulation comprise, est de 150 francs pour le deuxième champ.

L'excédant de récolte sur le fumier dû à leur emploi est de 9700 kilogrammes, et en argent, de 194 francs.

Différence ou bénéfice, 44 francs.

2° Pour le quatrième champ, le prix des 400 kilogrammes de nitrate de soude et de potasse est de 204 francs.

L'excédant de récolte est de 19900 kilogrammes, soit, en argent, 398 francs.

Différence ou bénéfice net, 194 francs.

3° Le prix de la demi-fumure à l'engrais chimique est de 160 francs.

L'excédant de récolte de 15500 kilogrammes, en argent, de 310 francs.

Différence ou bénéfice net, 150 francs.

Ces chiffres sont non-seulement très-expressifs, car ils dévoilent une fois de plus la puissance des engrais chimiques, mais ils renferment un autre enseignement encore plus utile à faire ressortir, et sur lequel je veux m'appesantir de nouveau. Je m'explique, M. Georges Ville affirme que l'azote du sulfate d'ammoniaque n'a pas autant d'action sur la betterave que l'azote du nitrate de soude ; que le nitrate de soude est inférieur au nitrate de potasse ; qu'enfin, pour obtenir du nitrate de soude et du nitrate de potasse le plus grand effet possible, il est absolument nécessaire de les unir au superphosphate de chaux et au plâtre ; ou, en termes plus exacts que l'azote ne développe son maximum d'intensité qu'à la condition d'être associé à tous les éléments constitutifs de l'engrais complet.

En ce qui concerne le sulfate d'ammoniaque, la question est jugée ; je n'y reviendrai pas.

Mais s'il est vrai d'avancer que le sulfate d'ammoniaque agit avec moins d'énergie que le nitrate de soude, il est plus exact encore de dire que l'azote du nitrate de soude, à son tour, le cède en activité à celui du nitrate de potasse ; car dans le cas qui nous occupe, 1 kilogramme du premier a aidé à la production de 161^{kg},600 de betteraves, tandis que le nitrate de potasse dans des conditions absolument égales a élevé le poids au chiffre vraiment remarquable de 580 kilogrammes par kilogramme d'azote.

Suivons maintenant la proportion, et appliquons-la à l'engrais complet (demi-fumure), dont la teneur est de 35 kilogrammes d'azote, soit 22 kilogrammes pour le nitrate de soude et 13 kilogrammes pour le nitrate de potasse. L'azote du nitrate de soude aurait dû accuser un produit supplémentaire de 3554 kilogrammes ; l'azote du nitrate de potasse, 7540 kilogrammes ; soit, ensemble, 11094 kilogrammes. Et cependant nous avons constaté que la demi-fumure à l'engrais chimique avait élevé le rendement général, non pas de 11094 kilogrammes, mais bien de 15500 kilogrammes.

Il n'est donc pas douteux que l'azote en combinaison dans l'engrais chimique soit d'une puissance plus grande. Les faits mis en lumière par ces expériences multipliées m'invitent à considérer comme absolument vraies les théories de M. Ville, et j'ai la certitude qu'à leur aide, les cultivateurs convaincus sauront régler maintenant leurs cultures et en tirer le meilleur parti possible.

Richesse saccharine des betteraves de fumier et des betteraves d'engrais chimiques.

J'aborde la question la plus difficile en apparence à résoudre. J'ai affirmé dans mes précédents mémoires que les betteraves d'engrais chimiques accusaient un rendement supérieur à celui des betteraves obtenues par les procédés ordinaires. J'ai ajouté, pour l'édification de mes contradicteurs, qu'elles avaient la même richesse en sucre cristallisable et extractible par les méthodes usuelles de fabrication. Cette affirmation a paru exorbitante, pour ne pas dire inconsidérée ; elle a été regardée comme une hérésie monstrueuse contre laquelle protestaient et le bon sens, et la théorie, et la pratique agricole et industrielle. Cependant rien n'était plus exact, et les faits que je publie aujourd'hui démontreront que si je me suis trompé dans mes évaluations, je me suis trompé en moins, la betterave d'engrais chimiques l'emportant en qualité sur toutes les autres.

Le compte fait le dernier jour de la manipulation et du râpage des betteraves de toute provenance accuse, pour l'ensemble du travail de la fabrique que je dirige, une prise en charge de 5^{kg},55 pour 100 kilogrammes de racines, et la cris-

tallisation des troisièmes jets me permet d'espérer un excédant d'environ 0^{kg},20, ce qui porterait le résultat final au chiffre de 5^{kg},75.

En cours de travail, des essais de 100 000 kilogrammes de betteraves venues sur fumier ont donné une prise en charge moyenne de 5^{kg},70, avec un excédant de 0^{kg},20; soit, par 100 kilogrammes de racines râpées, 5 kilos 900 grammes.

Les betteraves d'engrais chimiques, ont produit 6 kilos 170 grammes pour 100 du poids de la betterave.

Il semblerait que la question fût jugée. Cependant, je le reconnais, ce n'est pas assez de produire le sucre en grande quantité, il faut encore que sa valeur commerciale soit réelle et à l'abri de toute contestation.

En est-il ainsi présentement ?

Le rendement en sucres raffinés ayant flotté pendant toute la fabrication de 90 à 92 degrés, j'en conclus que les sucres d'engrais chimiques ont une valeur identique, leur richesse absolue étant rigoureusement la même.

Voilà un point qui paraît bien établi.

Mais je ne sais si l'on en comprend l'immense portée. Pour en saisir toute l'importance, il faut se graver dans l'esprit le tableau suivant, qui n'est autre chose que le résumé de tout ce qui précède.

ENGRAIS CHIMIQUE COMPARÉ AU FUMIER.

Dépense par hectare.	Engrais chimiques	350	fr.
	Fumier	600	
Produit par hectare, racines.	Engrais chimiques	52700	kil.
	Fumier	34800	
Rend. en sucre par 100 k. de betterav.	Engrais chimiques	6,17	
	Fumier	5,90	
Sucre obtenu à l'hect.	Engrais chimiques	3251	kil.
	Fumier	2053	

52 700 kilogrammes de racines et 3251 kilogrammes de sucre d'une part; 34 800 kilogrammes de racines et 2053 kilogrammes de sucre d'autre part; c'est-à-dire un produit agricole beaucoup plus élevé, et finalement un rendement en sucre supérieur de 5 pour 100 avec une dépense moindre.

Ma tâche est finie. Je m'arrête. Mais en déposant la plume, je ne puis m'empêcher de répéter que M. Georges Ville pourrait avoir rencontré la solution d'un problème qui, jusqu'ici, paraissait insoluble et qui se définissait ainsi : *Élever le rendement en poids des betteraves à l'hectare en développant leur richesse saccharine*. Et l'on conviendra, si le présent répond de l'avenir et si nos espérances se réalisent, qu'une révolution agricole et industrielle se prépare, révolution dont personne ne peut prévoir aujourd'hui les conséquences, tant leur portée est incalculable.

A. CAVALLIER.

FIN DES ENTRETIENS AGRICOLES DE M. G. VILLE.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

LE VIRUS-VACCIN. — M. Claude Bernard a présenté à l'Académie des sciences, au nom de M. Chauveau (de Lyon), deux notes sur la nature du virus-vaccin et les éléments propres de son activité. Ce vaccin se compose d'un sérum contenant en dissolution de l'albumine avec d'autres substances, dans lequel se trouvent en suspension des leucocytes et des granulations moléculaires. M. Chauveau est parvenu à séparer ces divers éléments ; il a démontré que ni la sérosité, même très-riche en albumine, ni les leucocytes, ne donnaient de résultat à l'inoculation, et que les granulations moléculaires possédaient seules l'action virulente et provoquaient l'éruption vaccinale.

M. Chauveau a fait plusieurs séries d'expériences avec du vaccin dilué dans des quantités d'eau de plus en plus considérables. Le vaccin étendu de deux à quinze fois son poids d'eau est aussi actif que le vaccin pur, et les piqûres réussissent encore fort souvent avec du vaccin étendu de quinze à cinquante fois son volume d'eau. Toutes les fois qu'on obtient une éruption variolique, elle est aussi énergique que si l'on avait employé du vaccin pur. Ceci montre bien que le principe actif ne peut être en dissolution dans le sérum, car alors il se répandrait uniformément dans toute la masse en s'affaiblissant au fur et à mesure que la dilution serait plus considérable, et l'éruption deviendrait de moins en moins intense. Au contraire, si le principe actif réside dans les granulations moléculaires, ces granulations sont de plus en plus éloignées les unes des autres quand la dilution augmente ; on comprend que la goutte liquide enlevée par l'extrémité de la lancette vaccinatrice ait de moins en moins de chance d'en contenir.

Si telle est bien la cause de l'insuccès des vaccinations faites avec un vaccin trop dilué, on devra réussir en injectant le liquide dans les veines ; car alors les corpuscules virulents contenus dans ce liquide ne peuvent manquer d'arriver en contact avec l'organisme. En effet, M. Chauveau a obtenu un magnifique horse-pox en injectant dans les veines d'un cheval 8 milligrammes de vaccin dilué dans quatre cents fois son volume d'eau, quoique l'inoculation de ce même liquide, pratiquée à plusieurs reprises, n'ait jamais provoqué la moindre pustule vaccinale.

M. *Pasteur* rapproche ces phénomènes des fermentations proprement dites provoquées par le développement d'organismes microscopiques de diverses espèces. Il a démontré que les vibrions, qui occasionnent la fermentation butyrique, sont arrêtés dans leur développement par l'influence de l'oxygène. N'en serait-il pas de même des corpuscules virulents du vaccin? Et leur inactivité dans le vaccin dilué ne serait-elle pas due à l'influence de l'oxygène dissous dans l'eau qui sert à faire la dissolution? Lorsqu'on injecte ce liquide dans les veines, l'oxygène qu'il contient est rapidement absorbé par les globules rouges du sang, et l'on s'expliquerait ainsi que les corpuscules virulents recouvrent l'activité qu'ils avaient perdue sous l'influence de ce gaz. M. Pasteur exprime donc le vœu que M. Chauveau répète ses expériences en diluant le vaccin dans de l'eau complétement désaérée, de manière à écarter l'influence supposée de l'oxygène. Il voudrait aussi qu'on fasse des expériences analogues à celles de M. Chauveau pour l'inoculation de la phthisie, découverte par M. Villemin, et pour celle de la maladie charbonneuse, si bien étudiée par M. Davaine.

M. *Cloquet* fait observer que les expériences de M. Chauveau indiquent un moyen de faciliter la conservation et l'emploi du vaccin en le diluant, et, par suite, à répandre plus largement ses bienfaits.

M. *de Quatrefages* rappelle qu'il a fait autrefois, sur la dilution du liquide fécondant chez divers animaux marins, notamment les Hermelles, des expériences tout à fait analogues à celles que M. Chauveau vient d'instituer sur le vaccin, et qu'elles l'ont conduit à des résultats du même genre.

LES POÊLES DE FONTE. — Dans notre numéro du 25 janvier dernier (p. 136), nous annoncions la nomination d'une commission spéciale pour apprécier le travail envoyé à l'Académie des sciences, il y a plus de deux ans, par M. le docteur Carret (de Chambéry) relativement aux effets funestes des poêles de fonte. Cette commission s'est empressée de faire son rapport par l'organe de M. Morin, et de demander l'insertion dans le *Recueil des mémoires des savants étrangers* de la partie physiologique du travail de M. Carret.

M. Regnault prend occasion de la lecture de ce rapport pour contester la perméabilité de la fonte ; il a maintenu souvent, pendant plusieurs jours, des pressions de 60 à 80 atmosphères dans des tubes de fonte, sans que le manomètre accusât aucune perte de pression ; la fonte est toujours imperméable quand on a soin de la prendre suffisamment mince ; si les lames épaisses se laissent traverser, c'est parce qu'elles contiennent toujours des interstices entre leurs cristaux et que les gaz s'insinuent dans ces interstices. D'ailleurs, M. Regnault ne comprend pas que l'oxyde de carbone puisse traverser sans se brûler des plaques de fonte portées au rouge, et il attribue l'insalubrité de certains poêles de fonte à une ventilation insuffisante et à une combustion incomplète des matières organiques en suspension dans l'air. A la manufacture de Sèvres on emploie des poêles de fonte qui entretiennent une température constante de 40 degrés pour le séchage, et il n'en est jamais résulté aucun accident. Le mémoire de M. Carret doit donc renfermer beaucoup d'exagérations, et il ne faut point se hâter ainsi de condamner un système d'appareils qui rend de si grands services et sert de base à une industrie importante. A force de prudence on arriverait à se faire un fantôme de tout.

M. Henri Sainte-Claire Deville répond à M. Regnault que la perméabilité de la fonte pour l'oxyde de carbone et l'hydrogène est un fait démontré et admis par tout le monde ; comment pourrait-il douter que ces gaz traversent la fonte puisqu'il les a recueillis. Les tubes de fonte où M. Regnault conservait une pression de 60 ou 80 atmosphères ne devaient pas contenir de gaz solubles dans la fonte. M. Henri Sainte-Claire Deville rappelle, à cette occasion, une expérience de Thilorier, à laquelle il assista autrefois chez M. Pelouze. On avait placé, dans un tube de fonte de 8 centimètres d'épaisseur, du mercure et de l'acide carbonique liquide ; ce tube fut ensuite chauffé, et la pression intérieure monta jusqu'à 200 atmosphères ; mais alors le laboratoire se remplit d'une neige de mercure provenant de la condensation d'une foule de jets métalliques invisibles qui traversaient la fonte et couvraient la main d'une pellicule mercurielle lorsqu'on l'approchait du tube.

M. Claude Bernard trouve que la partie physiologique du travail de M. Carret n'est pas suffisamment étudiée. L'oxyde de carbone minéralise les globules rouges du sang, en formant avec l'hématoglobuline une combinaison stable qu'on peut retrouver après la mort et qui empêche l'absorption de l'oxygène de se produire. On ne voit pas trop quel état pathologique pourrait résulter d'une intoxication lente, et, d'ailleurs, les symptômes décrits par M. Carret ne paraissent point en rapport avec les effets physiologiques de l'oxyde de carbone.

A la suite de ces observations et de diverses autres, MM. Morin et Fremy, comme membres de la commission, demandent que le rapport leur soit renvoyé pour être revu avec l'assistance de M. Claude Bernard, ce qui est décidé. Il était évident, en effet, comme nous le disions le 25 janvier, que la commission ne pouvait fonctionner sans un physiologiste.

A la suite de ce renvoi, M. Morin lit, dans la séance suivante, une note annonçant que des expériences sur les poêles de fonte vont être organisées au Conservatoire des arts et métiers.

Enfin, l'Académie des sciences a reçu un travail de plusieurs médecins de la Savoie, notamment du docteur Michaud, assurant que les cas où le docteur Carret avait voulu voir une affection morbide spéciale étaient simplement des fièvres typhoïdes ordinaires, qu'il était souvent impossible de rattacher, même occasionnellement, à l'influence des poêles de fonte, par exemple quand elles se produisaient en été ; quant aux épidémies qu'il a signalées au lycée et autre part, elles s'expliquent par des circonstances toutes différentes, telles que des dépôts d'immondices et de vase provenant de curages récents.

BULLETIN DES COURS.

Institution royale de la Grande-Bretagne.

LECTURES DU VENDREDI SOIR. — CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES.

17 et 24 janvier. — M. J. TYNDALL (de la Société royale de Londres : Faraday et ses découvertes.

7 février. — M. HUXLEY (de la Société royale de Londres) : Sur les animaux qui forment la transition entre les oiseaux et les reptiles.

14 février. — M. ROSCOE (de la Société royale de Londres) : Le vanadium et ses composés.

28 février. — M. A. VERNON HARCOURT : Sur le temps des actions chimiques.

6 mars. — M. W. KINGDON CLIFFORD : Sur quelques-unes des conditions du développement intellectuel.

13 mars. — M. STANLEY JEVONS : Épuisement probable des mines de houille d'Angleterre.

20 mars. — M. MATTHIESSEN (de la Société royale de Londres) : Les alliages et leurs usages.

27 mars. — M. CARPENTER (de la Société royale de Londres) : Actions inconscientes du cerveau.

3 avril. — M. FRANKLAND (de la Société royale de Londres et de l'Institut de France). — Le sujet de la conférence n'est pas encore déterminé.

Les lectures du vendredi soir, interrompues à l'occasion des fêtes de Pâques, reprendront le 24 avril pour être continuées sans interruption jusqu'au 12 juin. Parmi les personnes qui se feront probablement entendre dans cette seconde série de conférences, nous pouvons citer : MM. Gladstone (de la Société royale de Londres), Palgrave, Greville Williams (de la Société royale de Londres), E. Deutsch, Odling (de la Société royale de Londres), W. E. H. Leckie, S. A. Hart et M. Frankland (de la Société royale de Londres et de l'Institut de France.)

Enseignement libre de la Sorbonne

(salle de la rue Gerson).

ANATOMIE COMPARÉE. — M. EDMOND ALIX commencera ce cours samedi 29 février, à deux heures, et le continuera les mercredis et samedis suivants, à la même heure.

Cercle agricole de Paris.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES

(les vendredis, à huit heures du soir).

31 janvier. — M. PAUL GERVAIS, professeur à la Sorbonne : L'homme antédiluvien et les animaux dont il a été le contemporain en Europe.

7 février. — M. l'abbé MOIGNO : Les éclairages modernes : éclairages aux huiles et essences de pétrole, éclairage au magnésium, éclairage au gaz oxyhydrogène, production économique et industrielle du gaz oxygène et hydrogène, éclairage à la lumière électrique, régulateur du gaz de M. Giroud (de Grenoble).

28 février. — M. GABRIEL DE MORTILLET : Origine de l'agriculture.

6 mars. — M. MILLET, inspecteur des forêts : Le corail, les éponges et les perles ; produits naturels et culture artificielle.

20 mars. — M. L. SIMONIN, ingénieur des mines : Les prairies et les Indiens de l'Amérique du Nord.

27 mars. — M. MARIÉ-DAVY : Orages et pluies.

24 avril. — M. le docteur CONSTANTIN JAMES : Des premiers soins à donner en cas d'accidents.

1er mai. — M. PAYEN (de l'Institut) : Exposition universelle ; grand prix Decrombecque ; engrais chimiques ; la vapeur dans les exploitations rurales ; pain viennois, installation à Paris.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 14 7 MARS 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. ISIDORE PIERRE
(correspondant de l'Institut).

L'Agriculture et la Chimie.

Mesdames, Messieurs,

Appelé à prendre ici la parole à mon tour, j'éprouve un certain embarras dont je vous dois la confidence : c'est que je n'aurai pas pour me venir en aide, comme beaucoup de mes brillants prédécesseurs, ces expériences merveilleuses qui, en parlant à vos yeux, gravent plus profondément et sans effort, dans votre intelligence, les faits remarquables, les grandes vérités scientifiques dont on déroule ici le saisissant tableau.

Non moins important par lui-même, se rattachant par les liens les plus étroits aux plus impérieuses nécessités de la vie matérielle, le sujet que nous devons ensemble passer en revue a déjà été l'objet des études et des méditations d'hommes éminents, et cependant nous pouvons encore dire en toute assurance que *les rapports entre l'agriculture et la chimie* n'ont *pas ce caractère* d'intimité profonde que nous sommes à même d'observer lorsqu'il s'agit de l'industrie.

Pourquoi cette différence?

Est-ce que la même science, qui augmente chaque jour, par de nouvelles et brillantes découvertes, le nombre et l'importance de ces curieux produits dont l'emploi fait subir à nos industries d'incessantes transformations; est-ce que cette science, dis-je, serait impuissante lorsqu'il s'agit de l'agriculture, la mère de toutes les industries?

Non, messieurs; il suffirait de rappeler les remarquables travaux de Saussure, ceux de MM. Boussingault, Dumas, Payen, Liebig et de beaucoup d'autres, leurs élèves ou leurs émules, pour comprendre la nature et l'importance des services que la chimie peut rendre à l'agriculture.

Et cependant, comme le disait dernièrement avec raison, dans une autre enceinte, un de nos plus savants maîtres, « comparée à l'industrie, l'agriculture est encore, sous ce rapport, en retard de plus d'un quart de siècle. »

Permettez-moi d'essayer, en quelques mots, de vous faire comprendre qu'il n'en peut guère être autrement, et que la faute en est bien moins aux hommes qu'aux choses.

Lorsque, dans son laboratoire, le chimiste a trouvé un corps nouveau, qu'il en a suivi avec soin les transformations variées, il est déjà bien près de l'application industrielle. Encore quelques essais, dont chacun n'exige qu'un temps assez limité, il va bientôt toucher au but. S'agit-il, par exemple, d'une couleur nouvelle? Quelques essais relatifs à son mode d'application sur soie, sur laine ou sur coton, l'auront bien vite édifié sur la nuance pratique de cette couleur et sur sa solidité.

Ces essais demanderont tout au plus quelques jours.

Mais, quand le chimiste a trouvé la composition élémentaire des plantes qui constituent nos récoltes; lorsqu'il a déterminé avec soin celle du sol qui les produit, celle des animaux qui en consomment la plus grande partie, tout n'est pas encore dit; il est encore bien loin du terme de ses efforts, il est encore bien ignorant de la plupart des transformations successives sous l'influence desquelles les substances qu'il a maniées, séparées, analysées, peuvent revêtir la forme d'un végétal ou celle d'un animal. Il lui faut encore compter avec cette influence mystérieuse qu'on appelle la vie organique, dont les manifestations peuvent elles-mêmes être puissamment modifiées par une foule de circonstances (climats, intempéries, etc.) sur lesquelles l'homme n'a aucune prise.

De là des tâtonnements nécessaires, des vérifications lentes et pénibles.

En industrie, les essais proposés par le chimiste demandent tout au plus quelques jours; en agriculture, plusieurs mois, souvent même plusieurs années sont indispensables; de là, entre l'agriculture et l'industrie, une différence de marche que nous pourrions symboliser par la charrette d'un côté, et de l'autre par la locomotive à grande vitesse.

Le temps nécessairement très-limité de notre séance ne nous permettra pas de pénétrer dans le vif de toutes les grosses questions qui se rattachent à notre sujet. Je dois me borner, en effleurant quelques-unes des principales, à vous donner tout à la fois une idée de leur importance et de leur difficulté.

Prenons, par exemple, parmi ces questions, celles dont l'étude semble, au premier abord, nous offrir le plus de chance de certitude, celle de la détermination des éléments constitutifs fondamentaux de nos principales plantes cultivées, en vue de leur fournir avec plus de sécurité les matières qui sont nécessaires à leur alimentation.

A la question purement analytique se rattachent tout naturellement : 1° celle de la forme sous laquelle il conviendrait de mettre ces aliments à la disposition des plantes; 2° la fixation de l'époque à laquelle ces dernières en ont le plus grand besoin, pour accomplir les phases successives de leur développement normal et régulier.

On a fait, depuis un demi-siècle, bien des analyses de

(1) Voyez une série d'entretiens agricoles de M. G. Ville sur les engrais chimiques, ci-dessus, pages 75, 100, 131, 146, 192 et 206, numéros des 4, 17 et 25 janvier, 1er, 22 et 29 février 1868.

plantes, et cependant on a rarement encore tiré de ces analyses un parti rationnel à ce double point de vue. C'est que, pour se rendre un compte exact des premiers besoins d'une plante, pour pouvoir suivre ces besoins aux diverses époques de la vie d'une récolte, il ne suffit pas d'une observation générale des faits apparents, il ne suffit pas d'un examen chimique d'ensemble, fait à l'époque de la récolte pratique, c'est-à-dire en général à une époque où la plante vient d'atteindre ou va atteindre le terme de son développement. En effet, dans une plante, chaque partie a son rôle, chaque organe important fonctionne dans un but spécial; il doit donc avoir ses besoins spéciaux.

Un examen séparé des diverses parties de la plante peut donc nous fournir d'utiles renseignements, nous permettre de constater entre elles d'importantes différences de composition; mais ces différences elles-mêmes changent avec l'état du développement, soit qu'on examine une même espèce végétale, soit, à fortiori, lorsqu'on examine les organes correspondants d'espèces végétales différentes.

Mais un premier scrupule se présente bientôt à l'esprit de celui qui se livre à de pareilles études : tous ces principes signalés par l'analyse dans les diverses parties d'une plante sont-ils également utiles, et peut-on préjuger de leur utilité d'après leur abondance? Nous serions trop heureux s'il en était ainsi.

L'analyse chimique peut nous apprendre ce que contient une plante ou une partie de plante; mais elle ne nous dit rien, à première vue du moins, sur l'utilité spéciale et relative de chacune des substances dont elle a signalé la présence et la quantité.

Pourquoi? Parce que les plantes sont comme les animaux : lorsqu'elles trouvent en abondance, à leur portée, des substances propres à leur servir d'aliment, elles en absorbent souvent plus que le nécessaire; elles peuvent, en outre, absorber des substances inutiles à leur développement, dangereuses même si la proportion en dépasse certaines limites. Distinguer ici entre l'indispensable, l'utile et le superflu, n'est pas toujours chose facile. Comment, en effet, se laisser guider? Est-ce par la plus ou moins belle venue des échantillons de plantes soumis à l'analyse? Mais l'étude et la réflexion nous amènent bien vite à reconnaître que plus sera luxuriante la végétation des spécimens soumis à l'analyse, plus nous aurons de chance d'y trouver du superflu. C'est ce que nous retrouvons également chez les espèces animales. Or, dans ses études agronomiques, le chimiste ne doit pas prendre pour type et pour point de départ ce qui est exceptionnel de sa nature, de même que le naturaliste n'ira pas choisir, pour en faire un type d'espèce, un colosse de taille et de volume, ni un individu rachitique et contrefait.

Le choix des types d'étude peut donc avoir une influence sur les résultats analytiques, et par suite, sur les conséquences qu'on en déduira. C'est donc toujours sur des types moyens, normaux, que doivent porter les études de cette nature.

Mais supposons notre type bien choisi, notre analyse bien faite; il s'agit d'en tirer un parti pratique. Permettez-moi encore, à cette occasion, de vous montrer par un exemple combien peut offrir de difficulté l'interprétation des résultats.

L'analyse avait appris que la paille des graminées, celle du blé en particulier, contient une assez forte proportion de *silice*, de cette substance répandue parfois avec profusion dans nos terres, et qui constitue souvent les 95 ou 96 centièmes du poids de nos pavés.

D'un autre côté, l'expérience avait constaté que l'épiderme de ces plantes si riches en silice est souvent assez dur pour user rapidement le bois et même les métaux. Les tiges de ces plantes sont généralement droites et rigides.

Comme il est dans notre nature de chercher à tout expliquer, on s'est dit : cette silice qu'on trouve en si grande abondance dans la paille du blé est destinée à donner à la tige plus de rigidité, plus de résistance à la *verse*, à cette calamité qui se rattache d'une manière si intime à la cherté des subsistances. Et pour être conséquent, on a tout naturellement ajouté : Lorsque nous voudrons forcer la production, produire des épis abondants, gros et bien fournis, nous devrons, pour donner à la tige de la plante plus de solidité, lui fournir une plus grande quantité de silice assimilable, c'est-à-dire soluble, afin de l'empêcher de verser sous le poids de son propre produit. Alors on s'est mis en quête de moyens de réaliser industriellement cette idée.

J'ai longtemps partagé moi-même la conviction commune, puis il m'est venu un scrupule qui a grandi, et dont je dois vous faire part.

S'il est incontestable que le blé renferme dans sa paille beaucoup de silice, il est incontestable aussi que celui qui verse en contient presque toujours plus que celui qui ne verse pas. Le remède que l'on croyait avoir trouvé ne doit donc pas avoir toute l'efficacité qu'on lui prêtait.

Puis j'ai constaté que la partie de la tige qui fléchit habituellement et se plie quand le blé verse, celle qui aurait, par conséquent, dans notre hypothèse, le plus besoin de silice, est précisément celle qui en contient le moins.

L'opinion avait donc dû s'égarer dans son explication. Mais soyons justes : qui s'est trompé ici? Ce n'est pas le chimiste, son travail est irréprochable : c'est celui qui s'est chargé d'interpréter ses analyses. Tant il est vrai, messieurs, que les mêmes faits, diversement interprétés, peuvent conduire à la vérité ou à l'erreur, comme les mêmes mots, diversement arrangés, peuvent exprimer des compliments gracieux ou des injures grossières.

Je ne saurais trop le répéter, ce qui retarde les progrès des applications dont l'agriculture peut emprunter le fond à la chimie, c'est que la plupart des faits y sont exprimés par des équations indéterminées, pouvant conduire à plusieurs solutions qui ne sont pas toutes admissibles, et dont l'interprétation présente encore aujourd'hui de grandes difficultés.

Vous trouvez peut-être singulier, messieurs, de voir un chimiste qui a consacré presque toute la partie active de sa vie à l'étude des faits agricoles des divers ordres, qui en a fait l'objet incessant de ses travaux de prédilection, venir en quelque sorte jeter le trouble dans vos convictions au sujet de ces mêmes questions.

Bien loin de moi la pensée de déprécier en quoi que ce soit le mérite des beaux travaux de chimie agricole du quart de siècle que nous venons de parcourir; j'ai puisé trop souvent moi-même à ces sources respectables pour ne pas être complètement à l'abri d'une pareille imputation.

Mais je devais vous montrer combien l'instrument est difficile à manier, pour justifier les chimistes d'un côté, les agriculteurs de l'autre, de n'en avoir pas fait encore un plus fréquent usage pratique.

Je viens d'essayer de vous faire comprendre les difficultés

qu'on rencontre lorsqu'il s'agit d'interpréter la composition chimique des plantes déduite de l'analyse. Prenons maintenant la question de l'efficacité des engrais.

S'il n'existait dans les engrais qu'une seule matière active, l'appréciation et la comparaison des substances fertilisantes seraient assez faciles; mais il est incontestable aujourd'hui qu'il y en a plusieurs, en tête desquelles on cite l'*azote*, l'*acide phosphorique* ou les *phosphates*, et la *potasse*, auxquelles on pourrait ajouter encore la *magnésie* et la *chaux*.

Si toutes ces substances étaient également actives, la question serait encore assez simple; mais, hélas! qui pourrait aujourd'hui donner, dans tous les cas, la mesure exacte de l'efficacité des divers éléments constitutifs des engrais, de manière à permettre à l'agriculteur de nourrir abondamment ses récoltes, sans prodigalité? L'efficacité de chacune de ces substances ne varie-t-elle pas avec la nature du sol qu'on veut fertiliser, avec la nature des plantes qu'on veut nourrir, avec la forme sous laquelle on emploie les engrais, avec l'époque à laquelle on les confie à la terre?

Vous le voyez donc, messieurs, nous sommes pour ainsi dire arrêtés à chaque instant. Comment prendre le pas de course lorsqu'on est ainsi retenu par des entraves continuelles? D'ailleurs, en écartant les principales difficultés, il faudrait encore s'entendre sur cette efficacité dont je parlais tout à l'heure. En effet, lorsqu'un engrais a été mis en terre, une partie seulement devient apte à concourir directement, et à bref délai, à la nutrition des plantes; c'est ce qu'on pourrait appeler le contingent *actif* et immédiatement disponible de l'engrais. Une autre partie, soit par nature, soit par suite d'une action spéciale du sol, a besoin, pour être en mesure d'agir, de subir au préalable des transformations qui la rendent assimilable : c'est ce qu'on pourrait appeler la *réserve* de l'engrais. Tel champ, par suite des soins qu'on a eus de son entretien, peut être très-riche en composés azotés, phosphatés, potassiques, etc., et ne contenir effectivement *qu'une assez* minime fraction de ces substances immédiate*ment disponibles* à l'état d'activité.

Sans doute, le reste n'est pas radicalement inactif, car, dans le grand laboratoire de la nature, le travail d'élaboration d'où naît la fécondité n'est jamais complétement suspendu; mais si les conditions d'aération, de chaleur et d'humidité ne sont pas favorables, la mobilisation des éléments de réserve pourra devenir insuffisante pour les besoins de la consommation des plantes; celles-ci souffriront alors de la disette et languiront au milieu de l'abondance.

Supposons même, disséminés dans la couche active du sol, en proportions largement suffisantes, les éléments nutritifs dont les plantes ont besoin : celles-ci pourront encore souffrir de la disette, si des alternatives convenables de sécheresse et d'humidité ne leur viennent en aide. Ce dernier point demande quelques éclaircissements.

Les racines de la plante peuvent bien s'allonger progressivement et lentement; mais elles sont incapables de se déplacer à la manière des animaux. Comment cette plante, à laquelle ses racines doivent fournir une partie de ses aliments, peut-elle puiser dans le sol les substances que celui-ci a pour mission de lui fournir?

La majeure partie de ces éléments vient trouver la plante; ce n'est pas celle-ci qui va les chercher.

En effet, supposons par la pensée le sol partagé en un certain nombre de couches superposées, d'épaisseur quelconque, d'un centimètre par exemple, toutes également humides : il n'y aura pas de raison pour que l'une des couches cède à ses voisines une portion de son humidité; mais si la couche supérieure, sous l'influence de la chaleur et du vent, vient à perdre une partie de son humidité, elle agira sur la seconde couche à la manière d'une éponge, et il se fera entre elles un nouveau partage d'humidité qui rendra plus sèche cette seconde couche; celle-ci agira de la même manière sur la troisième, et cette dernière sur la quatrième, et ainsi de suite de proche en proche.

Il s'effectuera donc de bas en haut un mouvement progressif de transport de l'humidité du sol. Mais l'eau qui se transporte ainsi du fond vers la surface n'est pas de l'eau pure, elle contient en dissolution les éléments solubles des engrais qu'elle viendra en passant mettre à portée des *spongioles* qui terminent les petites racines des plantes. Vienne une pluie, la couche supérieure, plus humide que la seconde, cède à celle-ci une partie de l'eau qu'elle vient de recevoir; la seconde partage avec la troisième, et ainsi de suite : c'est-à-dire qu'il s'établit alors un mouvement descendant de l'humidité du sol et des principes solubles assimilables qu'elle renferme. Les racines s'en approprient une nouvelle partie au passage, et ces espèces de repas copieux se renouvellent à chaque alternative de sécheresse et d'humidité; plus fréquentes sont ces alternatives, plus fréquentes seront les dissolutions partielles des éléments fertilisants solubles, plus luxuriante sera la végétation. Mais nous ne sommes pas toujours maîtres de produire ces alternatives, si ce n'est, par exception, dans les arrosages de nos jardins ou dans les irrigations de nos prairies.

Parmi les dames qui me font l'honneur de m'écouter, il n'en est pas une qui n'ait pris soin d'une fleur, ne fût-ce que sur sa fenêtre : ce n'est pas l'eau de chaque jour qui suffirait à nourrir la plante; mais cette eau réalise chaque jour, pour ses aliments, les phénomènes de transport dont j'ai cherché à vous faire comprendre le mécanisme.

La chaleur, en activant l'évaporation à la surface, augmente l'énergie des transports ascendants; si les alternatives d'humidité sont en rapport avec la température, nous aurons une végétation comparable à celle des tropiques.

En résumé, l'action des meilleurs engrais peut donc se trouver subordonnée à des circonstances sur lesquelles l'homme n'a que peu ou point de prise, et leur étude pratique en subit nécessairement des retards et des incertitudes.

De la question des engrais à celle des plantes dites *améliorantes*, la transition est bien naturelle. Mais d'abord, qu'entend-on habituellement par plantes améliorantes? Ce sont des plantes qui, au lieu d'épuiser le sol qui les produit, paraissent le laisser dans un meilleur état de fertilité, du moins pour la culture des céréales.

Pour expliquer cette amélioration, d'autant plus extraordinaire que les plantes à qui on la doit (*trèfle*, *sainfoin*, *luzerne*, par exemple) produisent, en outre de cet accroissement de fertilité, une énorme quantité de fourrage, on a attribué à ces plantes le pouvoir de soutirer directement de l'atmosphère, et l'azote qu'on trouve dans le fourrage produit, et celui dont elles enrichissent le sol par leurs débris. Je ne veux pas, je ne puis pas discuter ici la question si controversée de l'assimilation directe de l'azote atmosphérique par les plantes; mais ce que je puis dire, c'est que, depuis douze ou quinze ans surtout, de grandes inquiétudes se manifestent au

sujet de ces précieux fourrages; c'est que des doléances multipliées surgissent dans bien des départements, où l'on affirme que le trèfle, la luzerne et le sainfoin vivent moins longtemps qu'autrefois et donnent de moins abondants produits.

Est-ce que l'atmosphère qui les alimente se serait appauvrie depuis un quart de siècle? Les chimistes n'ont encore trouvé, à ma connaissance du moins, aucune raison de le penser.

Cette théorie si commode et si avantageuse des plantes améliorantes ne serait-elle pas plutôt une illusion à faire tomber, dans l'intérêt de l'agriculture à venir? Quant au pouvoir améliorant, il est incontestable au point de vue spécial de la culture des céréales, puisqu'on peut souvent obtenir un excellent blé sans fumier, après un sainfoin ou après une luzerne.

Quelle est la cause de cette amélioration?

Une sorte de fumure provenant des débris (feuilles, petits rameaux et racines) laissés sur le sol par les plantes fourragères dont il s'agit.

Où ces plantes puisent-elles les principes améliorateurs, si ce n'est pas l'atmosphère qui est chargée de les leur fournir?

Examinons la forme et les dimensions de leurs racines, nous verrons qu'elles sont conformées pour aller puiser à de grandes profondeurs les aliments dont elles ont besoin; on cite des racines de luzerne de plus de 4 mètres de longueur.

Mais existe-t-il, à de pareilles profondeurs, des matières azotées auxquelles les racines puissent faire de sérieux emprunts?

L'analyse nous apprend que la chose est possible. J'en ai trouvé assez, dans certains champs dont j'ai fait l'étude, à une profondeur comprise entre 50 centimètres et 1 mètre, pour pouvoir fournir plus de 6000 kilogrammes d'azote par hectare. J'en ai trouvé à de plus grandes profondeurs encore. C'est donc là que doit se trouver une partie de la réserve d'engrais, et le rôle des plantes améliorantes doit consister surtout à utiliser à leur profit une partie de cette réserve, et à mettre l'autre, en la déplaçant, à la disposition des céréales qui leur succèdent.

Les plantes dont il s'agit partagent avec les céréales qui leur succèdent le trésor d'engrais qu'elles ont découvert dans les couches profondes du sol.

On comprend sans peine alors comment, la réserve étant épuisée ou diminuée, les plantes qui la mettent en œuvre ne pourront plus prospérer avec la même vigueur ni avec la même durée.

En un mot, ce que l'on a été tenté de considérer comme une exception rentre ainsi dans la loi commune, et l'ignorance ou l'inobservance de cette loi pourrait avoir les conséquences les plus graves.

Permettez-moi de revenir encore sur un point délicat dans les applications de la chimie à l'agriculture, sur les variations que peut éprouver dans sa quantité un élément quelconque d'une plante, suivant l'âge de cette plante, suivant celui des parties que l'on considère; nous verrons tout à l'heure les conséquences pratiques d'une pareille étude.

Lorsqu'on suit attentivement ces variations, dont l'ensemble paraît d'abord très-compliqué, on finit par y découvrir certaines lois générales dont la physiologie peut faire son profit, et qui pourront éclairer un jour l'agriculture sur l'époque des plus grands besoins des récoltes.

Mais il est extrêmement difficile de se reconnaître au milieu de ce dédale de chiffres que fournit l'analyse chimique, si on ne leur donne pas une forme plus facile à saisir, et dont je vais essayer de vous donner une idée.

Supposons qu'il s'agisse de suivre la marche de l'accumulation de l'*azote* dans une récolte de blé, à mesure qu'elle avance dans son développement : si nous traçons, sur un tableau ou sur une feuille de papier, une ligne horizontale, et que nous la partagions en parties d'égales longueurs qui représenteront des jours, nous figurerons ainsi sur cette ligne, soit la marche du temps pendant lequel aura vécu la plante, soit la marche du temps pendant lequel auront duré les observations dont elle aura été l'objet. (Voyez les figures 81 et 82.)

Après avoir noté sur cette ligne les époques auxquelles notre plante aura été soumise à l'analyse, menons en ces points des lignes perpendiculaires à la première, et divisons ces nouvelles lignes en parties d'égale longueur destinées à représenter des kilogrammes. Si nous comptons, sur la première de ces perpendiculaires, un nombre de divisio[illegible] au nombre de kilogrammes d'azote que l'analyse assign[illegible] récolte pour un hectare à l'époque correspondante, la [illegible] à laquelle nous parviendrons exprimera, en kilogramm[illegible] quantité d'azote contenue alors dans la récolte. Si no[illegible] sons la même chose chaque fois que nous soumettrons la [illegible] à une nouvelle analyse, nous obtiendrons ainsi, sur [illegible] pendiculaires, une série de points d'autant plus élevés, [illegible] récolte contiendra plus d'azote au moment des obse[illegible] correspondantes. Si nous réunissons tous ces points [illegible] trait continu, la ligne courbe qui en résultera pourra [illegible] donner une idée saisissable de la manière dont aura [illegible] poids de l'azote contenu dans la récolte, parce que la [illegible] teur à laquelle se trouve chacun de ces points expr[illegible] nombre de kilogrammes d'azote contenus dans la [illegible] pour un hectare, à l'époque figurée directement au-[illegible] (fig. 81).

Ce que je viens de dire pour l'azote, nous pouvons [illegible] pour l'acide phosphorique, nous pouvons le faire pour [illegible]tasse, nous pouvons le faire pour chacun des éléments [illegible]tutifs de la récolte (fig. 82).

De même encore, au lieu de faire porter les obser[illegible] sur la totalité de la plante qui constitue la récolte, nou[illegible]vons les faire porter sur telle ou telle partie de la p[illegible], sur l'épi par exemple. On obtient de la sorte une série de tableaux parlants, au milieu desquels il est plus facile de se reconnaître qu'au milieu d'un volume des chiffres les mieux coordonnés. C'est ainsi qu'ont été construites les lignes figurées plus haut.

Lorsqu'on vient à comparer, pour une même espèce végétale, pour le blé par exemple, les courbes analogues qui correspondent aux divers éléments constitutifs de la récolte, on en trouve trois qui paraissent avoir une physionomie de famille très-accentuée : celle qui représente la marche de l'accumulation de l'azote, celle qui représente la marche de l'accumulation de l'acide phosphorique, celle qui représente la marche de l'accumulation de la potasse. La première pensée qui se présente alors à l'esprit, c'est que l'*azote*, l'*acide phosphorique* et la *potasse* doivent probablement jouer, dans le développement de la plante, un rôle d'une importance de même ordre.

Si, au lieu de faire cette comparaison sur la récolte entière, nous subdivisons cette dernière, en examinant séparément les épis, les feuilles de même étage, les entre-nœuds de

même rang, nous retrouvons encore pour l'azote, l'acide phosphorique et la potasse cette similitude d'allures, c'est-à-dire la confirmation en détail du fait observé sur l'ensemble de la récolte. Sortons de ces trois substances, nous tombons, en apparence du moins, dans la confusion, parce qu'il ne paraît plus possible de saisir aucun rapport de forme dans les courbes correspondantes.

Je me permettrai d'en conclure provisoirement que le rôle de l'azote, celui de l'acide phosphorique et celui de la potasse doivent être plus simples, plus importants peut-être, dans le blé, que celui des autres éléments qu'on trouve dans cette plante.

Le fait remarquable que je viens de signaler n'est pas particulier au blé, j'en ai retrouvé la manifestation dans une autre plante cultivée appartenant à une famille botanique bien différente, dans le colza. Il est très-probable qu'on le retrouvera encore dans d'autres plantes, lorsqu'on en aura suivi pas à pas le développement.

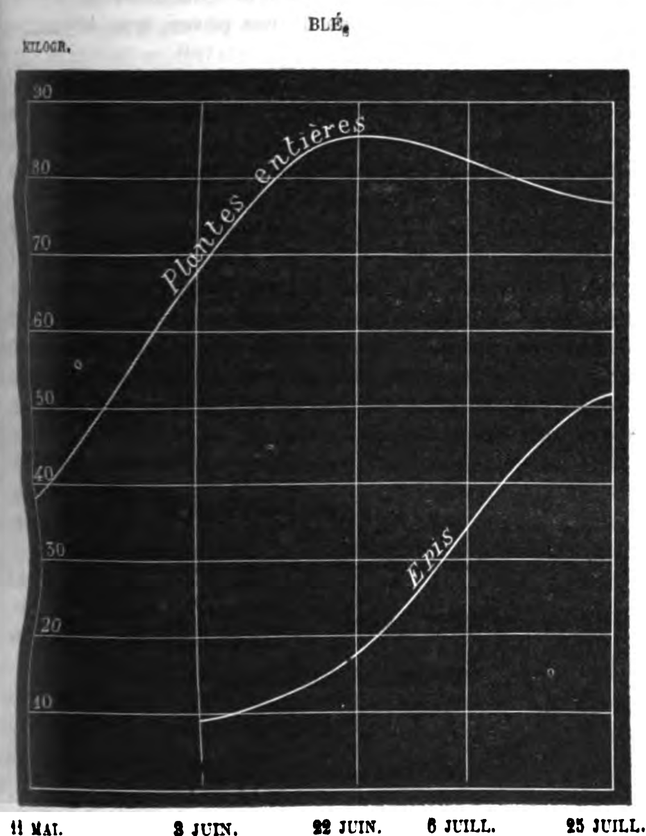


FIG. 81. — Poids d'azote contenu dans un hectare de blé à différentes époques de l'année.

Les constructions géométriques dont je viens d'essayer de vous faire comprendre l'utilité nous permettront peut-être encore un jour d'attaquer une autre question capitale, celle de l'époque à laquelle les plantes ont le plus besoin de nourriture, ou du moins l'époque à laquelle l'absorption de tel ou tel élément paraît atteindre son maximum d'activité.

Si, limitant nos investigations aux faits acquis, nous cherchons ce qui se passe dans les deux plantes que je viens de nommer, nous constatons que, plus de trois semaines avant leur maturité, le blé et le colza ne paraissent plus emprunter au sol ou à l'atmosphère ni azote ni substances minérales, ou, en d'autres termes, c'est avant la floraison que l'absorption des aliments doit avoir eu lieu; pendant le reste de la durée de la plante, le travail qui s'exécute sous l'influence de la vie organique paraît consister en un travail *intérieur* d'élaboration, de répartition, de localisation des éléments accumulés antérieurement : c'est une sorte de lente digestion végétale.

Il m'est impossible, dans le court espace de temps que nous avons à passer ensemble, d'examiner même très-sommairement les principales questions importantes dans lesquelles les études chimiques peuvent éclairer l'agriculteur praticien. Permettez-moi d'en choisir encore une au hasard.

Par l'examen circonstancié de ces plantes fourragères (trèfle, sainfoin, luzerne) qui viennent de nous occuper à un autre point de vue, on peut constater :

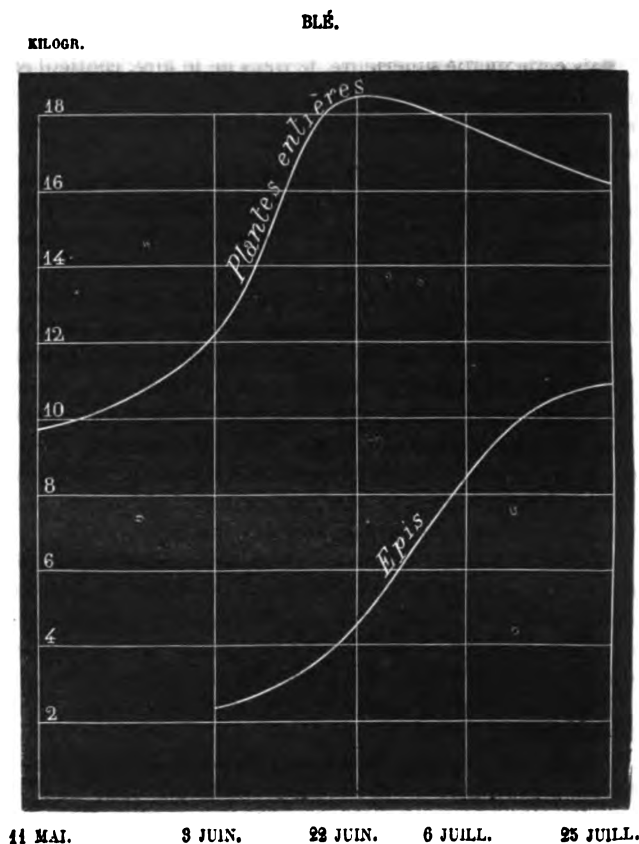


FIG. 82. — Poids d'acide phosphorique contenu dans un hectare de blé à différentes époques de l'année.

1° Que toutes leurs parties n'ont pas la même composition chimique.

2° Que l'azote et les phosphates, ces éléments si importants de l'organisme animal, se trouvent accumulés principalement dans les sommités de la plante.

C'est déjà un fait curieux de physiologie végétale; mais allons un peu plus loin.

Quelle est la destination de ces plantes?

L'alimentation des animaux. C'est sur ce point spécial que je désire appeler un moment votre attention.

Prenons une de ces plantes, le sainfoin, si vous voulez.

Cultivons-la dans les terres les plus riches de la plaine de Caen d'une part, et de l'autre dans les terres pauvres les plus sèches du plateau de la Beauce. Dans le premier cas, le sainfoin atteindra une hauteur de 70 à 75 centimètres; dans le

second cas, il parviendra difficilement à la moitié de cette hauteur.

C'est bien la même plante, cultivée dans les deux cas en terrain calcaire, et cependant, faites-en soigneusement l'analyse, et vous trouverez entre les deux fourrages, récoltés et *fanés* dans de bonnes conditions, de notables différences. Dans le second, l'azote et les phosphates sont plus abondants que dans le premier.

Soumettez à l'analyse, alors qu'ils sont encore *verts*, les deux fourrages parvenus à la même phase de leur développement, vous trouverez dans leur composition des différences plus grandes encore, et dans le même sens, parce que la petite plante de la Beauce est moins aqueuse que la grande plante de la plaine de Caen.

On s'éloignerait peu de la vérité en assimilant la petite plante à la moitié supérieure de la grande.

Mais cette moitié supérieure, je viens de le dire, contient en plus fortes proportions que la moitié inférieure les principes assimilables qui constituent la base d'une alimentation très-substantielle:

L'animal qui mange le petit sainfoin de la Beauce consomme donc réellement un aliment plus substantiel, à poids égal, que celui à qui l'on donne le grand sainfoin de la Normandie.

Ce que je dis du sainfoin pourrait se dire de presque toutes les autres plantes qui entrent dans la nourriture du bétail. Si l'animal normand, nourri à discrétion, reçoit une alimentation suffisamment riche, celle de l'animal beauceron, s'il est également nourri à discrétion, sera trop substantielle; de là, chez ce dernier, des maladies spéciales, désastreuses, dues à une trop grande richesse du sang, maladies qui se manifestent quelquefois sous la forme charbonneuse, mais bien plus souvent sous la forme de congestion apoplectique.

Supposez l'animal normand en liberté, broutant les sommités des plantes parce qu'il les trouve plus tendres et plus appétissantes, vous aurez à redouter les mêmes accidents, sur une bien moindre échelle toutefois, parce que les mêmes plantes y sont plus aqueuses qu'en Beauce.

L'exception nous fournit donc ici encore une confirmation de la règle.

L'analyse chimique nous permet donc de soupçonner l'une des causes principales de ce fléau redoutable qui, sous le nom de *sang de rate* ou de *maladie de sang*, prélève sur l'agriculture de quelques arrondissements de Seine-et-Oise, d'Eure-et-Loir et du Loiret, un tribut annuel qu'on ne saurait estimer à moins de 7 à 8 millions de francs. Mais soupçonner la cause d'une maladie, quand cette cause est de la nature de celles sur lesquelles a prise la puissance de l'homme, n'est-ce pas entrevoir en même temps la possibilité du remède? Si la cause principale du mal est un régime trop substantiel, modifiez-le, rendez-le un peu débilitant, vous appauvrirez le sang dans une mesure raisonnable.

D'ailleurs, la nature, première source du mal, en avait bien des fois indiqué le remède aux esprits attentifs et clairvoyants. En effet, lorsqu'une série prolongée de jours pluvieux intervenait pendant que l'épizootie sévissait dans toute sa force, on voyait bientôt le mal diminuer comme par enchantement.

Pourquoi? Parce qu'alors la nourriture, devenue plus aqueuse, devenait en même temps moins substantielle, poids pour poids.

Résumons en quelques mots cette revue, un peu trop sèche peut-être.

Si, en thèse générale, les applications de la chimie à l'agriculture n'ont pas marché du même pas que les applications de cette science à l'industrie, cela tient à ce qu'en agriculture les vérifications exigent incomparablement plus de temps qu'en industrie.

Sur certains points, la chimie a déjà pu fournir à l'agriculture d'utiles renseignements; sur beaucoup d'autres, encore trop nombreux, la science lutte patiemment contre des difficultés pratiques dont la solution exigera certainement encore de longs et laborieux efforts.

Mais ce qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que l'étude de ces difficultés exige l'emploi des ressources les plus délicates de la science, et nous voyons encore là une nouvelle preuve de la vérité de ce vieil adage de nos pères, que *la lumière vient habituellement d'en haut.*

En présence de ces difficultés, vous comprendrez facilement pourquoi l'enseignement agricole est en retard sur l'enseignement industriel.

Sur bien des points, la science n'est pas encore faite, et il y aurait danger à vouloir marcher trop vite; on s'exposerait à s'engager dans des voies trompeuses, et par conséquent désastreuses.

Avant de mettre en marche toute cette armée du corps enseignant, il est prudent d'attendre que ses chefs aient en eux-mêmes une suffisante confiance; avant de s'engager sur toute la ligne pour combattre cet ennemi qu'on appelle si souvent la routine, il est sage de chercher à mettre de son côté les meilleures chances de succès.

ISIDORE PIERRE,
Doyen de la Faculté des sciences de Caen.

ENSEIGNEMENT LIBRE A PARIS.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE.

M. GIRAUD-TEULON.

La Vision binoculaire.

Un des domaines les plus attachants de la biologie, si l'on s'en rapporte à l'illustration des esprits qui, dans le cours des siècles philosophiques, y ont laissé leur empreinte, c'est assurément le département de la vue. Dans l'antiquité d'abord, à l'époque de la renaissance ensuite, les premiers noms de la science se rencontrent dans l'histoire de cette étude.

A cette dernière époque en particulier, les princes de la philosophie, de l'astronomie, des mathématiques, de la physiologie bien humble encore, ne semblent pas pouvoir s'arracher au charme et à l'utile profondeur des problèmes soulevés autour de ce merveilleux sens.

Et néanmoins il est un aspect de cette vaste question qui, pendant trois siècles d'explorations admirables, s'est dérobé presque absolument à l'investigation scientifique. En vain la théorie sommaire, exacte, de l'optique oculaire sort-elle, quasi adulte, des observations de Kepler; en vain trois siècles d'analyses la commentent, la développent, la perfectionnent, à toute une longue série de savants illustres, attachés à la contemplation de l'œil, échappe une remarque capitale, à savoir :

que l'homme est armé de deux organes, et non d'un seul, et que cette association n'est point une simple sommation, un simple doublement de leur action individuelle, mais bien une combinaison spéciale, riche de propriétés aussi remarquables qu'inattendues.

Le caractère et les attributs de cette combinaison seront l'objet de cet exposé.

Pour la plus grande clarté des développements qui vont suivre, faisons d'abord un retour en arrière, et rappelons brièvement les principes mêmes de l'optique physiologique uniocculaire, ou telle qu'elle ressort des études classiques, formulée pour un seul œil : c'est notre point de départ obligé.

I. *Dioptrique oculaire.* — L'œil, depuis Kepler, est, avec une justesse parfaite, comparé à la chambre obscure de nos cabinets de physique ou de nos photographes.

Si l'on prend un œil de lapin albinos fraîchement préparé, qu'on le place devant une fenêtre, la cornée en avant, on voit tout le paysage, régulièrement dessiné, se peindre (renversé) sur *toute* la surface postérieure de l'organe.

II. — L'écran de la chambre obscure vivante, et qui a la forme d'une demi-sphère concave, a donc *tous* ses points au foyer même de l'appareil lenticulaire antérieur : cette surface est, dans son entier, une *surface focale.*

III. — Le fait que tous les objets placés devant l'œil, à une distance déterminée, ont leur image exacte et nullement déformée, mais *renversée*, sur ledit écran, a permis aux géomètres de conclure que toutes les lignes droites que l'on pourrait mener, par la pensée, d'un point quelconque du tableau réel à son correspondant dans l'image, se croiseraient, dans l'œil, en un même point. Ce point a reçu le nom de *centre de similitude* ; les lignes dont il s'agit celui d'*axes secondaires* ou *lignes de direction secondaires*, par opposition avec l'*axe principal*, qui correspond au centre du tableau, ou au point qui fixe l'attention.

IV. *Principes de l'extériorité et de la direction visuelles.* — Ainsi un point lumineux extérieur peint son image sur la rétine (l'écran sensible de la chambre obscure) : il peint cette image, comme dans tout appareil lenticulaire, au moyen d'un faisceau homocentrique de rayons divergents, transformés, dans et par l'appareil, en un faisceau homocentrique de rayons convergents. Et le point lumineux est *vu :* c'est-à-dire que son *existence extérieure* et sa *position* dans l'espace sont reconnues par le sensorium. Or, si l'on se demande lequel de tous ces rayons émanés du point visible a porté au sensorium les renseignements précis, extériorité et direction que nous venons de dire, on est forcé de concevoir que tous ayant, dans leur chemin, éprouvé plus ou moins de déviation, aucun n'a pu renfermer en lui le don de révéler ces propriétés particulières. On est porté par là à conclure que c'est l'écran sensible lui-même qui les possède, que tel est son mode de réaction contre les sollicitations lumineuses.

V. — On en est bientôt plus convaincu. Frottons légèrement avec le bout du petit doigt ou la pointe mousse d'un crayon un point déterminé, quelconque, de la région postérieure du globe, nous produisons, par cet acte, deux sortes d'effets :

1° Nous *sentons* l'impression du doigt ou de la pointe mousse sur les téguments extérieurs ou les enveloppes de l'œil : sensibilité générale du tact.

2° A l'extrémité du diamètre de l'œil, opposée au point touché, *nous voyons* apparaître *en dehors de nous*, plus ou moins loin sur ce diamètre prolongé, un petit anneau lumineux (phosphène). Ici se révèle la sensibilité spéciale de la rétine par un effet de lumière.

VI. — Mais cet effet a cette triple qualité : il apporte avec la première idée de lumière une seconde notion, celle d'une localisation *extérieure ;* enfin, une troisième donnée, celle d'une *direction déterminée* quant à l'origine de cette sensation.

Et cette direction est précisément celle de l'objet extérieur qui dessinerait son image sur le point sollicité par la pointe du crayon ; c'est l'axe secondaire dioptrique même correspondant à cet objet.

VII. — Il suit de là que les impressions communiquées à la rétine *par telle cause* que ce soit, sont interprétées par elle, d'une façon unique et spéciale ; elles sont *projetées en dehors de nous sur les lignes mêmes de directions visuelles.*

(Cette double propriété a été formulée sous les dénominations d'*outness*, extériorité (Porterfield), et de principe de direction visuelle).

Elle est, en outre, formulée anatomiquement par les petits organes nerveux cylindriques nommés bâtonnets, et qui forment la couche de la rétine sur laquelle se peint l'image.

VIII. — *Voir* n'est donc autre chose que *sentir* un objet en dehors de soi et dans la direction même où il se trouve. C'est un *toucher médiat* ou à distance, et ajoutons, expressément géométrique.

IX. *Vision droite au moyen d'images renversées.* — Si les objets vus marquent leur image sur la rétine, chacun sur un axe secondaire propre ; si, d'autre part, la rétine les sent, *en dehors de nous*, sur ces mêmes axes secondaires qui tous se croisent en un même point, il est clair qu'à une sensation exacte ou *droite* ainsi que l'objet qui la détermine, doit correspondre forcément une image inverse ou renversée. Mais ce n'est point l'habitude, ni l'éducation, ni les enseignements du toucher immédiat qui nous font, comme on dit, voir *droit* au moyen d'*images renversées.* La rétine voit ou localise les objets *là* où ils sont ; c'est ce que l'on appelle « droits ». Si le dessin est renversé, c'est pure affaire de géométrie.

Le sensorium, en effet, ne voit pas l'image ; il ignore même sa rétine : ce qu'il sent, c'est l'objet, en dehors de lui, à distance.

Ces mêmes notions, extériorité et direction, sont dans certaines classes animales procurées de façon en apparence inverse. Chez les insectes, dont la rétine, au lieu d'être concave, comme la nôtre, est convexe, l'image est droite, dirigée dans le même sens que l'objet, et cependant les enseignements qu'elle apporte sont les mêmes que chez les vertébrés. C'est qu'il n'y a là qu'un détail de changé dans l'organisation ; mais les principes essentiels, extériorité et direction visuelle, sont représentés anatomiquement par un élément nerveux dirigé dans les deux circonstances suivant le rayon de la sphère.

Dans la figure 83 (p. 224), qui représente le schéma d'un œil d'insecte, l'isolement des pinceaux lumineux émanés de chaque point visible, principe de l'image, est procuré d'une manière inverse. Dans cette figure, *n* représente l'extrémité du nerf optique s'épanouissant en ganglion sphérique *convexe*, duquel émergent des prolongements en grand nombre, *t*, petits canaux tapissés par une couche pigmentaire, ou membrane choroïde *i*. Cette membrane se prolonge en autant de filaments qu'il y a de facettes cornéales en tapissant les tubes *t* qui partent de chacune d'elles. Ces facettes elles-mêmes *c*, hexagonales ou carrées, sont en nombre considérable, quel-

quefois jusqu'à 25 000, suivant Müller. L'exemple que nous avons choisi et dessiné ici en contient 8000 à 9000.

Le fait capital à observer dans cette disposition, c'est la canalisation de la lumière à travers ces tubes noircis sur leurs parois, et qui éteignent ainsi tout faisceau lumineux qui ferait

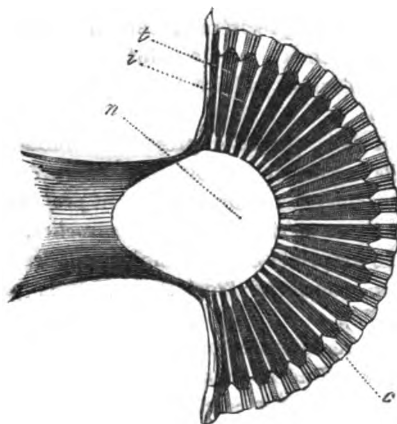


Fig. 83.

angle avec leur axe. Chaque facette peut donc, avec le tube qui la suit, représenter un œil fixe et qui ne voit que dans une seule direction, celle de l'axe du tube. L'image, ou ensemble de points formés sur cette surface convexe, est donc dessinée dans le même sens que l'objet extérieur, ou *droite*.

Or, la sensation, la notion perçue, sont ici les mêmes que dans notre œil, indépendantes, par conséquent, du *sens du dessin*. Quel élément commun possèdent-elles ? Le sentiment de la direction, qui, dans les deux cas, est la même et suit le rayon de la sphère.

X. — Dans les deux cas, ajouterons-nous, ces propriétés de l'organe nerveux se manifestent dans plusieurs espèces, dès les premiers actes de la vie de relation. Il y a donc lieu de les considérer comme *innés*, ainsi que l'accord du principe de direction visuelle avec les fondements du mécanisme locomoteur (1).

XI. — De même que tout l'ensemble de l'espace hémisphérique, ouvert devant nous, est dessiné sur la rétine d'un seul jet, et comme un tableau entier, de même la rétine sent ou *voit* ce tableau d'un seul coup.

XII. *Siége de l'attention.* — Une région cependant, dans toute cette étendue (qui porte le nom de champ superficiel de la vision) est seule très-nettement vue ; c'est celle qui fixe *l'attention*. Elle correspond au pôle de l'œil, point anatomiquement remarquable, connu sous le nom de « *fossette centrale* », centre de la « *macula lutea* » ou tache jaune.

XIII. *Faculté d'orientation.* — Or, pour que l'attention pût se fixer sur un point *déterminé* du champ visuel extérieur, passer d'un point à un autre, sans hésitation, sans tâtonnement, et, comme elle le fait, par le plus court chemin, il fallait bien que l'organe jouît de la faculté de voir le tableau, à la fois, dans son entier ; comment eût-il pu saisir, sans cela, les rapports de situation relative des objets dans le champ visuel ?

La faculté de *s'orienter* dérive donc précisément de la propriété qu'a la rétine de saisir instantanément toute l'étendue de la demi-sphère ouverte devant elle.

(1) Nous venons d'inscrire ici un mot gros de discussions, même entre esprits suivant les mêmes directions. Nous venons de dire : la propriété d'extériorité, le principe de direction sont *innés* dans la rétine.

Cette expression nous rattacherait-elle, comme on pourrait le croire, à la doctrine des causes premières ou des causes finales ?

En interprétant ainsi notre pensée, on nous ferait dire plus que nous ne voulons, plus que nous ne pensons. Vingt siècles nous ont appris combien telles questions sont oiseuses, et en dehors de nos éléments actuels d'analyse. Cette expression, sous notre plume, ne dépasse point le cercle de l'étude des phénomènes.

Aussi, dans ces limites, comme nous le démontrerons dans un instant, cette qualification d'*innés* ne veut dire rien de plus qu'antérieurs à la naissance du sujet *originel*, ainsi qu'il a été dit du péché de ce nom, et sans que nous prétendions préjuger si cette qualité est une donnée première de l'espèce ou une acquisition de la race. Dans ce sens, cette qualification pourrait parfaitement être accueillie par les écoles qui rattachent les facultés à la seule expérience acquise par les organes et les individus, par les écoles empiristiques.

Quoi qu'il en soit, voici comment ces dernières croient pouvoir expliquer les phénomènes dont nous venons de résumer les principes.

« Après nous être assuré, par tout ce qui précède, dit M. Helmholtz, que l'œil formé d'un adulte a besoin d'une comparaison constante avec l'expérience pour maintenir l'accord entre les perceptions de la vue et celles du toucher, la question si rebattue de savoir pourquoi les objets paraissent droits, bien que leurs images rétiniennes soient renversées, se trouve résolue d'elle-même. Le sens du toucher est capable, à lui seul, de nous donner des notions complètes sur l'espace, même sans le concours du sens visuel ; l'observation des aveugles-nés suffit pour nous en convaincre. Bien plus, la direction de la pesanteur, qui détermine le haut et le bas, ne s'obtient pas immédiatement par le sens visuel, mais exclusivement par celui du toucher. Admettre que les sensations visuelles seules, sans le concours d'une expérience préalable, soient susceptibles de nous fournir des représentations de directions déterminées des objets que nous voyons, c'est faire, ce me semble, une hypothèse parfaitement inutile ; se mettant au point de vue de la *théorie empiristique*, on peut encore bien moins admettre l'hypothèse d'après laquelle l'idée de la *direction* serait même influencée par l'*endroit* de la rétine sur lequel se forme l'image, de sorte qu'un point représenté en bas devrait paraître *en bas* par cela même ; en effet notre conscience naturelle ignore complétement jusqu'à l'existence de la rétine et la formation des images optiques : comment saurait-elle quelque chose de la position des images qui s'y forment ?

» Quant à la théorie *nativistique* des perceptions sensuelles, où l'on admet que l'excitation nerveuse peut produire, immédiatement et indépendamment de toute expérience, l'idée d'une certaine position de l'objet perçu, il lui faut admettre que les *localisations visuelles innées* présentent une certaine harmonie innée avec celles que l'on obtient par le sens *du toucher*....

» Je crois qu'en présence des faits qui nous montrent l'utilité d'une expérience de tous les instants pour contrôler constamment l'exactitude de la relation entre la vue et le toucher, il faut renoncer à l'idée d'une harmonie préexistante entre les localisations fournies par les deux sens ; faute de prendre ce parti, on se trouve dans la nécessité embarrassante d'admettre que cette harmonie préexistante, et donnée par la sensation immédiate, est modifiée et surmontée à chaque instant par l'expérience qui est un acte de jugement, à un point tel qu'il ne reste plus aucune trace de cette sensation hypothétique. » (Helmholtz, *Optique physiologique*, page 771.)

Si nous ne nous trompons, les argument principaux de l'opinion que nous venons de reproduire textuellement reposeraient sur les points que voici :

« Suivant l'illustre auteur, l'hypothèse d'après laquelle l'idée de *direction* serait influencée par l'*endroit* de la rétine sur laquelle se forme l'image est inadmissible. »

Et cependant (page 783) M. Helmholtz dit expressément :

« Nombre d'expériences ont permis de reconnaître que la direction de la projection n'est déterminée *ni par la direction suivant laquelle le rayon lumineux parvient à l'œil, ni par celle suivant laquelle il atteint la rétine, mais bien par la partie de la rétine qui est atteinte.* »

Et page 781 : « Ces considérations ne paraissent laisser aucun doute sur l'exactitude de notre loi, d'après laquelle *toute impression* produite sur la rétine *se localise exactement* dans la partie du champ de vision où l'on verrait un objet extérieur placé de manière à produire la même impression sur la rétine, la lumière arrivant à l'œil sans déviation. »

Nous pouvons difficilement trouver une différence essentielle entre

XIV. *Nécessité de l'accommodation.* — L'œil humain à l'état de repos, d'indolence (*indolent state* d'Young), quand nulle force n'agit en lui, voit distinctement les objets situés à l'horizon. Par sa propre qualité dioptrique, il force donc les rayons qui viennent le rencontrer, à l'état de parallélisme, à former foyer exact sur la rétine.

Dès lors, quand il fixe son attention sur un objet plus rapproché, puisqu'il reçoit encore une image nette sur sa rétine, il est nécessaire qu'une modification se soit opérée en lui ; on sait, en effet, que dans toute chambre obscure, quand les objets se rapprochent, l'image nette ne peut être conservée qu'en éloignant l'écran de la lentille, ou bien en remplaçant celle-ci par une autre d'une force déterminée supérieure à la première.

XV. *Siége et nature de l'accommodation.* — Dans l'œil, la distance de l'écran (rétine) à la lentille ne change point : pour les besoins de la vision nette à distance plus ou moins rapprochée (ce qu'on appelle l'adaptation de l'œil aux distances), un appareil intérieur à l'œil (muscle ciliaire) augmente spontanément la courbure de la lentille (cristallin), et met ainsi la force réfringente de l'organe en rapport exact avec la distance des objets.

Cette propriété a reçu le nom d'*accommodation*.

l'esprit de cette formule et celle du principe de l'extériorité et de la direction tels que nous les avons reproduits plus haut d'après Porterfield.

Second point : « Il ne saurait y avoir harmonie innée ou préexistante entre le principe des localisations *visuelles* et celles que l'on obtient par le *sens du toucher*. »

Notre réponse ici est péremptoire : nous l'empruntons à l'ordre de faits que voici :

« D'après Abboth, sir Joseph Banks a vu un poussin chercher à » attraper une mouche pendant que la *coquille* traînait encore à sa » queue. Suivant le même auteur, des faits de ce genre s'observent gé» néralement chez les oiseaux qui construisent leur nid, à une faible » hauteur, près de terre. (Citation de M. Donders.)

Et nous ajouterons : ces observations-là sont de tous les jours et vulgaires *dans la vie* des champs.

Comme il est difficile d'admettre une éducation possible en un aussi *bref délai* que celui qui sépare la rupture de la coquille et le premier acte de la vie de relation chez les jeunes animaux, il faut bien concevoir qu'ils extraient avec eux de leur coquille une harmonie tout établie entre les premiers enseignements apportés par leurs yeux et les premiers actes accomplis par leurs membres.

La qualification d'*innée* imposée à ladite harmonie serait-elle donc le seul objet à détourner des yeux de l'école empiristique. Nous nous y emploierons volontiers, n'ayant pas plus qu'elle l'intelligence de la conception abstraite de l'innéité.

Cette formule ne représente pour nous que les qualités (bonnes ou mauvaises) existant chez l'*individu* observé au moment de sa naissance, existant, ajouterons-nous, dans le type héréditaire depuis un temps plus ou moins reculé, historique ou antéhistorique. Voilà tout ce que nous entendons par inné ; *inné* dans l'individu, nous ne remontons pas plus haut.

Maintenant ces qualités n'ont-elles pas été acquises graduellement par la filiation héréditaire ? nous ne sommes pas assez opposé au système de Lamarck et de Darwin pour en repousser l'idée. L'innéité, au point de vue abstrait, ne nous paraît pas chose de nature plus claire qu'à l'école de Heidelberg. Mais en constatant chez les animaux la transmission de qualités spéciales d'un âge évidemment récent dans la race et en dehors de toute expérience individuelle possible, il nous faut bien reconnaître leur transmissibilité par la seule évolution organique.

De même, en voyant le petit poulet attraper une mouche sans éducation préalable, aussitôt après sa naissance ; la mouche elle-même voler, en dépouillant son enveloppe de larve, dans des directions parfaitement déterminées ; certains mammifères, le veau, par exemple (citation de M. Donders), exécuter aussitôt après leur naissance des mouvements parfaitement appropriés à un but exprès, nous sommes bien forcés de convenir, en ne dépassant pas les limites de leur individualité, que l'accord est inné entre la localisation visuelle et la localisation locomotrice.

II. — Aperçus généraux démontrant la supériorité de la vision binoculaire sur la vision unioculaire.

Si l'on a bien saisi les principes présentés dans le paragraphe précédent, on comprendra l'exactitude de la proposition suivante :

La vision monoculaire ne nous indique immédiatement que des *directions visuelles*, et non des localisations précises. A quelque distance qu'un point lumineux soit situé sur une ligne de direction, il dessine son image sur le même point de la rétine.

Dans le fonctionnement d'un seul œil, nous n'avons, pour nous procurer la notion de la distance de ce point sur une direction déterminée, que les éléments suivants :

1° La conscience de l'effort accommodatif.

2° Notre propre mouvement par rapport au point considéré.

3° Les données apportées par le souvenir, l'éducation, nos connaissances acquises sur la forme et la grandeur des objets : en un mot, l'expérience.

4° La perspective géométrique ou de forme et de position.

5° La perspective aérienne.

Tous éléments dépourvus de précision et qui laissent le problème sans solution décisive.

Et, en effet :

On présente à l'un de nos yeux, l'autre étant fermé, le moule creux d'une médaille : nous n'hésitons pas, après quelques secondes, à le prendre pour le relief même de la médaille. Cette illusion cesse à l'instant où nous ouvrons les deux yeux.

Ou bien encore :

Une miniature, une photographie, un tableau, créent à un seul œil une illusion parfaite ; mais ouvrons-nous les deux yeux, le tableau redevient plan, les saillies, les creux s'effacent.

On peut faire encore l'expérience suivante décrite par Malebranche :

« Que l'on suspende au bout d'un fil une bague dont l'ouverture ne soit point disposée vers nous ; que l'on se retire à trois ou quatre pas ; que l'on prenne à la main un bâton recourbé par le bout ; qu'alors, fermant *un œil* d'une main, on essaye d'enfiler la bague avec le bout recourbé du bâton, on sera surpris de ne pouvoir peut-être faire en cent fois ce que l'on croyait très-facile. Si l'on quitte même le bâton et qu'on veuille enfiler *de travers* la bague avec quelqu'un des doigts, on y trouvera quelque difficulté, quoique l'on en soit tout proche.

» Cette difficulté cesse à l'instant si l'on ouvre les deux yeux. » (Malebranche, *Des sens*, liv. Ier, chap. IX.)

Sous le rapport de la précision, de l'exactitude des enseignements, sous le rapport des distances relatives des objets, c'est-à-dire de la notion de la *troisième dimension* ou de la *profondeur*, il y a donc une différence notable entre la vision binoculaire et celle qui s'exécute au moyen d'un seul œil.

Cette différence est mise en une lumière saisissante par les remarques suivantes de Malebranche, remarques qui impliquent en elles une notion anticipée des principes mêmes de la vision associée.

Revenant sur l'expérience de l'anneau, Malebranche ajoute les remarques judicieuses que voici :

« Mais il faut bien remarquer que j'ai dit qu'on tâchât d'en-

filer la bague *de travers*, et non point par une ligne droite de notre œil à la bague; car alors il n'y aurait aucune difficulté, et même il serait encore plus facile d'en venir à bout avec un œil fermé que les deux yeux ouverts, parce que cela nous réglerait. » (Principe de direction, sans localisation.)

« Or, l'on peut dire que la difficulté qu'on trouve à enfiler une bague de travers n'ayant qu'un œil ouvert, vient de ce que l'autre étant fermé, l'angle dont je viens de parler (l'angle de convergence des axes optiques) n'est point connu ; car il ne suffit pas, pour connaître la grandeur d'un angle (lisez *pour connaître un triangle*), de savoir celle de la base et celle d'un angle que fait un de ses côtés sur cette base, ce qui est connu dans l'expérience précédente; mais il est encore nécessaire de connaître l'autre angle que fait l'autre côté sur la base, ou la longueur d'un des côtés, ce qui ne se peut *exactement* savoir qu'en ouvrant l'autre œil.

« La disposition des deux yeux qui accompagne l'angle formé par les rayons visuels (lisez *les lignes de visée*) qui se coupent et se rencontrent dans l'objet est donc un des meilleurs et plus universels moyens dont l'âme se serve pour juger de la *distance des choses*. »

Nous retrouverons plus loin ces aperçus profonds, quand nous aurons à mettre en lumière les causes et la nature de la supériorité effective de la vision associée sur celle qui s'exercerait au moyen d'un seul œil.

III. — Intervention de la stéréoscopie.

Le rôle des deux yeux dans l'acte de la vision n'avait point eu de formule plus explicite que cette dernière, quand une découverte absolument inattendue vint jeter sur la question une lumière nouvelle.

En 1833, Wheatstone inventait le stéréoscope.

Présentant, dans un artifice ingénieux, à chaque œil séparément, l'image du même objet solide, telle qu'elle se dessine, *quelque peu différemment*, sur chaque rétine, Wheatstone obtint, par l'association binoculaire de ces deux images, des effets de relief, une représentation corporelle de l'objet, qui frappa au plus haut degré tous les observateurs.

Alors on se rappela un élément scientifique de la question jusque-là presque absolument laissé dans l'oubli; on se rappela cette remarque judicieuse égarée dans les écrits d'Euclide, de Galien, de Léonard de Vinci :

« Dans l'acte de la vision naturelle, binoculaire, disent ces auteurs, quand notre attention est fixée sur un objet à trois dimensions, nos deux yeux occupent, eu égard à cet objet, des positions différentes. Les images formées de cet objet sur les deux rétines sont donc plus ou moins différentes, quoique d'ailleurs très-comparables et analogues. (Celle de l'œil droit répond à une portion de l'objet plus étendue sur la droite; l'œil gauche, de son côté, embrasse davantage sur la gauche.) Formées d'une très-grande partie commune, elles ont pourtant sur leurs parties internes, correspondant aux bords externes de l'objet, chacune une partie indépendante ou monoculaire : c'est l'auréole de Léonard de Vinci. »

« Par la même raison, ajoutions-nous en 1861, la partie commune offre, entre deux points similaires quelconques, des écartements inégaux dans les deux yeux (1). »

(1) *Physiologie et pathologie fonctionnelle de la vision binoculaire*, p. 236.

« .....Et ces différences se retrouvent en même proportion dans les angles sous lesquels sont vus, à droite et à gauche deux points quelconques de ces objets non symétriquement placés par rapport au plan vertical intermédiaire aux deux yeux (1). »

Dans ces remarques sont contenues les bases des qualités de la vision associée.

En géométrie, on appelle *parallaxe* l'angle sous lequel d'une distance donnée, un objet est vu.

Dans l'acte de la vision ordinaire, deux points quelconques, non symétriquement placés par rapport au plan médian de l'observateur, auront donc, dans chaque œil, des parallaxes plus ou moins différentes.

Tel est le fait, nouveau pour la seconde fois, et que venait révéler derechef la découverte de Wheatstone.

Mais il n'était pas le seul compris dans cette révélation : un second point d'observation non moins important l'accompagnait. Au moment où l'attention combine, dans le stéréoscope, les deux images semblables, mais à parallaxes inégales, l'objet est embrassé *tout d'un coup* et donne en même temps à l'esprit l'invincible sensation d'un objet *corporel*. Cette inégalité des parallaxes semble entraîner avec elle la notion de la *troisième dimension*, celle de la *profondeur*. Telle fut, et avec raison, suivant nous, la conclusion de l'auteur. Il nous sera tout à l'heure facile d'en démontrer la justesse.

IV. — Renversement des anciennes théories des points identiques et de l'horoptère.

Ces conditions inattendues du mécanisme de la vision associée vinrent occasionner certains ravages dans les théories en faveur.

La première atteinte fut la *doctrine des points identiques*.

Dans cette théorie, expression des idées classiques universellement répandues, deux tableaux parfaitement semblables, identiques, — ceux du champ visuel extérieur, — étaient dessinés sur la surface de chaque rétine. Chaque point extérieur du champ visuel avait ainsi son image, à droite et à gauche, sur deux points situés dans les rétines, de façon géométriquement homologue (c'est-à-dire ayant même longitude et même latitude, et dans le même sens).

Ces deux tableaux étant projetés sensoriellement à l'extérieur (suivant les lignes de direction et conformément au principe de l'extériorité), on s'expliquait comme il suit l'unité de sensation produite par ces deux images de chaque point :

A chaque couple de ces points rétiniens géométriquement homologues, se rendait une même fibre cérébrale dédoublée qui servait de communication entre le sensorium et les organes impressionnés.

Cette doctrine, hypothétique sans doute, était cependant satisfaisante si l'on supposait le champ visuel à l'infini. Dans ce cas, en effet, deux points quelconques de ce champ visuel rencontrent dans les deux rétines, vu leur distance infinie, des points géométriquement homologues.

Mais pour toute convergence mutuelle des axes optiques sur un point situé à une distance finie, déterminée, un objet quelconque dans le champ visuel ne fait pas, à droite ou à

(1) *Physiologie et pathologie fonctionnelle de la vision binoculaire*, p. 614-615.

gauche, le *même angle* avec les deux lignes de visée. *Il ne tombe point, par conséquent, sur des points homologues*. Comme, d'autre part, on reconnut, par des expériences sur lesquelles nous reviendrons plus loin, que, dans certaines circonstances, des points du champ visuel sont vus doubles, on imagina que, dans l'acte de la vision associée, certains points étaient vus simples et d'autres doubles. On se proposa alors de déterminer le lieu géométrique des points vus simples. Cette surface devait répondre aux conditions suivantes : d'un point quelconque de cette surface, deux lignes droites, menées au centre de réfraction de chaque œil, doivent faire le même angle et dans le même sens avec la ligne de visée.

Cette surface a reçu le nom d'*horoptre* ou *horoptère*. Suivant Müller, principal promoteur de cette théorie, la surface horoptérique, coupée par le plan de visée, donne un cercle dont les trois points déterminants sont le point de convergence des deux axes optiques et les centres des deux yeux.

Nous verrons plus loin ce qu'est devenue aujourd'hui la théorie ou idée de l'horoptre.

Une observation plus attentive des phénomènes eût dû faire justice de cette théorie tout arbitraire.

Les circonstances dans lesquelles on voit double, ou mieux où l'on peut voir double, lors de la vision associée, sont rares et très-nettement déterminées et circonscrites, comme nous le montrerons plus loin.

Dans la vision régulière, ordinaire, aucun objet, aucun ensemble d'objets n'est vu double. La moindre attention eût suffi pour écarter cette idée que la vision simple n'avait lieu que sur la surface horoptérique, c'est-à-dire sur des points identiques.

Mais cette conclusion devait bientôt s'imposer d'elle-même. La stéréoscopie, illuminant l'analyse de la vision associée, allait nous apprendre que, dans la vision à trois dimensions, la vision *physiologique*, *aucun* point d'un objet, *aucun* objet dans un ensemble d'objets, ne présente avec le point de visée *des parallaxes égales*. Et cependant cet objet, cet ensemble d'objets étaient vus simples, et si bien simples, qu'ils emportaient avec eux la notion de leur épaisseur, de leur apparence corporelle, de leur relief, de leur troisième dimension.

Ce fait objectif est mis hors de doute par l'expérience générale. Quant à l'inégalité des parallaxes d'un même point à droite et à gauche dans la vision associée, elle est démontrée par l'analyse suivante, que nous reproduisons ici, parce qu'elle représente très-simplement le mécanisme de la vision stéréoscopique, et avec elle celui de la vision associée ordinaire ou à trois dimensions.

Reproduisons ici les figures de notre premier mémoire : elles peuvent être utilement rappelées, représentant parfaitement les conditions géométriques même de la vision simple binoculaire naturelle ou stéréoscopique.

Soient (fig. 84) ACB, A′C′B′, les deux groupes de lignes représentant les arêtes d'un prisme posé verticalement devant les yeux et à une distance donnée à laquelle correspondrait un horoptère déterminé, dans l'ancienne théorie (voyez la fig. 86, représentant en *plan* ce prisme). Ces lignes, stéréoscopiquement renvoyées dans l'un et l'autre œil par les prismes *p*, *p′*, viennent se peindre sur les rétines en *acb*, *a′c′b′*; et, comme nous l'avons fait voir, elles dessinent des arcs rétiniens *a′c′*, *b′c′*, à gauche, *réciproquement* égaux aux arcs *ac*, *cb*, de droite, mais en sens inverse.

L'arc entier *ab* étant égal à *a′b′*, la doctrine des points identiques s'accorde parfaitement avec la vision simple de A et de B (*aa′*, *bb′*). Ces points se trouveraient, en effet, dans l'horoptre des auteurs, en α et β, symétriquement placés des deux côtés du plan médian qui séparerait les deux yeux; jusque-là rien que de très-simple et de très-concevable.

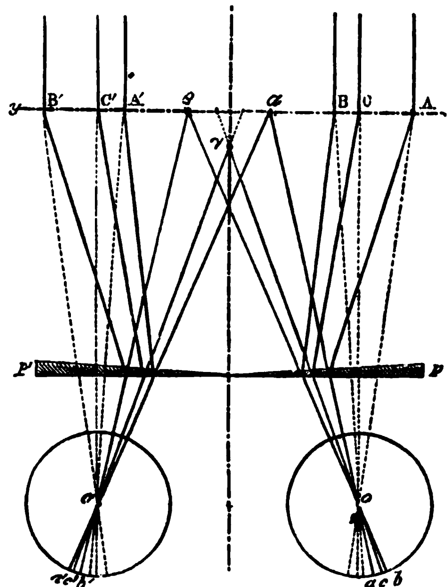


Fig. 84.

Mais *c* et *c′* ne peuvent point rencontrer des points homologues, l'inspection seule de la figure le démontre suffisamment.

Pour ce point, il n'y a pas d'homologie; et cependant il y a sensation simple et simultanée avec l'impression de A et de B, de C et C′, et, ajouterons-nous, chose frappante, cette sensation est rapportée par le sensorium juste en γ, au point d'entrecroisement des directions *co*, *c′o′*, en avant de α et de β (comme elle le serait en arrière de ces points, si l'inégalité des écartements angulaires était renversée). (Voyez fig. 85.)

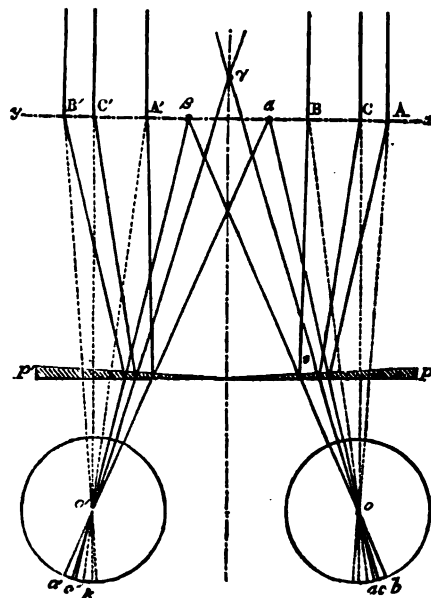


Fig. 85.

Dans cette figure, on peut suivre la marche des rayons

effectifs et virtuels, quand les écartements moindres sont au côté externe de chaque figure. Alors les lignes *oc*, *o'c'*, se coupent encore en γ, mais *en arrière* des points de rencontre α et 6, et la figure prismatique est renversée : l'arête médiane est en *arrière* (pseudoscopie).

En résumé, de même que l'impression double *aa'* s'est autocratiquement fondue en une seule au point d'entrecroisement α, dans l'espace, des directions *ao*, *a'o'*, de même que *bb'* s'est fondu en 6, à la croisée des lignes *bo*, *b'o'*, de même *cc'* se sont limités et fusionnés à l'entrecroisement γ des directions virtuelles innées qui leur correspondent.

On peut voir en passant, en comparant les deux figures qui précèdent avec la suivante (fig. 86), que la stéréoscopie

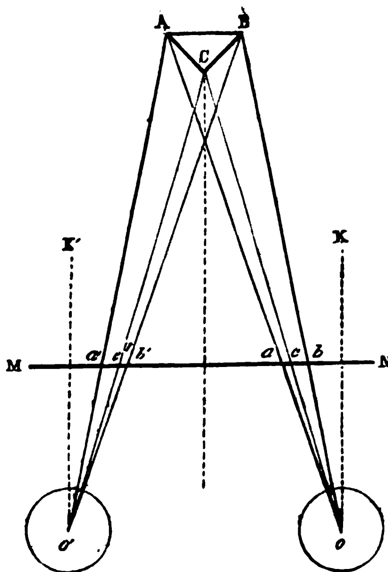


Fig. 86.

ne fait, en définitive, que réunir les deux composantes de la vision binoculaire simple d'un objet à trois dimensions. ABC de la figure 86 n'est autre que la disposition α6γ de la figure 84.

Il résulte irréfragablement de cette analyse, que la vision binoculaire physiologique ou artificielle (stéréoscopie), portant à l'esprit l'unité de la perception, et en même temps indissolublement unie avec elle, la notion de la troisième dimension, ou de la distance relative des corps, se fonde sur la *non-correspondance*, au point de vue de leurs coordonnées, des points impressionnés dans les deux rétines par le même point du même objet.

Il semble, d'après cela, que la théorie de l'horoptère, conséquence absolue et directe de la doctrine des points identiques, devait s'évanouir avec cette théorie.

Et cependant, chez les auteurs mêmes qui paraissent le plus opposés, soit à la doctrine des points identiques, soit à celle de la vision successive et point par point de Brücke, nous retrouvons encore l'horoptre sur notre chemin.

Il est vrai qu'on l'y rencontre avec une autre définition, ou plutôt dans une autre acception ; car, par un respect qui nous étonne, changeant le sens de la conception, on a conservé le nom.

Ainsi, nous trouvons dans le magnifique ouvrage de M. Helmholtz cinquante pages consacrées à l'étude de l'horoptère, et pour base de cette étude les propositions suivantes :

1° Dans des yeux normaux, les points de regard sont correspondants.

2° Les horizons rétiniens des deux yeux se correspondent.

3° Les lignes verticales apparentes qui se correspondent ne diffèrent pas sensiblement des lignes qui, à vue d'œil, paraissent perpendiculaires aux horizons rétiniens.

4° Sur les lignes verticales apparentes qui concordent, les points qui se trouvent à la même distance des horizons rétiniens sont concordants.

5° Les points qui, dans les horizons rétiniens, sont à égale distance du point de fixation, sont des points correspondants.

Or, qu'entend M. Helmholtz sous le nom de points correspondants?

« Les points des deux champs visuels qui possèdent la même position apparente par rapport au point de fixation, et qui, par conséquent, coïncident dans le champ visuel commun. Nous donnerons, dit-il, à ces points le nom de *points correspondants ;* on les a encore nommés *points identiques*, en faveur d'une théorie particulière. Comme à chaque point de chaque champ visuel répond un certain point rétinien, on peut également parler de points *coïncidants*, *correspondants* ou *identiques* des deux rétines, par opposition aux points *disparates* ou qui ne se correspondent pas. » (Page 880.)

Si nous ne connaissions les conclusions formelles de l'auteur à l'endroit de la doctrine des points identiques, *anatomiquement préformés*, nous serions dans le plus grand embarras pour décider si, dans cette définition, l'auteur se réfère à la théorie de Müller et de ses prédécesseurs, ou s'il demeure ici sur le simple terrain de la géométrie.

Mais nous savons qu'il repousse absolument cette identification anatomique de deux points, deux à deux, des rétines. Nous ne pouvons donc voir dans la définition ci-dessus qu'une simple relation géométrique ; et, en effet, « nous nommerons horoptère, dit M. Helmholtz, l'ensemble des points qui se présentent sur des parties correspondantes des deux rétines. » Cela est assurément admissible ; mais ainsi limitée, la théorie de l'horoptre se borne donc à chercher le lieu, dans l'espace, des points offrant aux deux yeux des parallaxes égales : question purement géométrique et n'ayant avec la vision naturelle aucun rapport, car celle-ci, nous l'avons vu, se fonde *absolument* sur l'*inégalité* de ces parallaxes.

Mais M. Helmholtz ajoute à « parties correspondantes des deux rétines » les mots « et qui paraissent, *par conséquent*, simples ».

Ce qui laisse supposer que d'autres points que ceux-là ne sont pas vus simples, et l'expérience de tous les instants nous assure suffisamment du contraire.

Si les points identiques du champ visuel sont ceux qui ont, comme l'expose M. Helmholtz, même hauteur et même largeur angulaire, nous devrons donc conclure, nous :

Que ces points sont situés sur une surface ou sur une ligne unique, et ne sauraient offrir la perception de profondeur ou de la troisième dimension.

Que, par conséquent, ils ne répondent en rien aux phénomènes caractéristiques et généraux de la vision binoculaire dont ils ne sont qu'un accident calculé ou fortuit.

La conception de l'horoptère n'aurait de raison d'être que si elle apportait une explication quelconque de la vision binoculaire simple. Mais alors, ainsi que nous le disions en 186[illegible] « d'après la définition de l'horoptre, tous les corps de la n[illegible]

pour être vus simples, devraient affecter la forme même surface. Si nous voyons simples et simultanément (comme nous nous efforcions dès cette époque de l'établir) les membres d'un cheval placé devant nous à quelque distance, ces quatre jambes font donc partie de la même surface horoptérique, et aussi celles du cavalier qui le monte, et les oreilles du cheval, etc... Voilà une surface géométrique dont l'équation serait curieuse à connaître (1). »

Nous nous élèverons donc contre ces recherches horoptériques, en tant que recherches physiologiques, pour élevées qu'elles soient; elles ne correspondent point à la physiologie et compliquent inutilement la théorie de la vision simple.

Le problème horoptérique peut être rangé parmi les « *disquisitiones mathematicæ* »; mais il est sans relation aucune avec la physiologie. La mort de la doctrine des points identiques anatomiques, préformés, l'a entraîné avec elle au cercueil.

La vision associée, simple et avec la notion de la troisième dimension, est instantanée et ne dépend point du mouvement successif du regard. — Examen de la doctrine de Brucke.

La vision simple, binoculaire, entraînant à sa suite une notion précise de la distance relative des objets et de la troisième dimension des corps, est donc incompatible avec la théorie des points identiques.

Non-seulement un objet peut être vu simple, sans que ses images tombent sur des points homologues, mais encore, en dehors du point de mire, ou de certains points rares obéissant à une loi géométrique, *aucun point vu simple et en relief, dans l'état physiologique, ne rencontre des points identiques.*

Conséquence implacable comme sont celles de la géométrie.

Avant de s'y soumettre, on chercha cependant diverses voies pour sauver la théorie ancienne. Cela ne surprendra personne.

Le premier amendement proposé aux idées de Wheatstone a été cherché dans le rôle que pouvaient jouer, au point de vue de la fusion des images doubles, les mouvements des yeux : « E. Brücke, dit M. Helmholtz, a émis à ce sujet une opinion d'après laquelle nous ne percevrions la troisième dimension des objets qu'à condition de promener continuellement les lignes de regard sur les différents contours de ces objets, de façon à recevoir successivement, sur les centres identiques des *foveæ* (fossettes), les images de tous les points de ces contours. »

Brewster, Prévost (de Genève), adoptèrent et soutinrent cette manière de voir.

Nous disions à ce propos en 1860 :

« Cette proposition ne peut tenir contre l'expérience; il est d'appréciation intime et d'évidence consciente que notre œil ou nos yeux perçoivent avec une netteté suffisante, dans un angle visuel de 5 à 10 degrés, tous les objets situés à la même distance approchée de l'accommodation.

Peut-on prétendre que ce soit, point par point, ou ligne par ligne (les intersections avec les horoptres successifs), que nous concevons l'idée d'une surface de grandeur déterminée? Voilà un livre ouvert devant moi ; est-ce que, *à chaque moment*, mes yeux dérangent *à la fois* leur convergence successive sur les mots que je lis pour se donner à chaque instant une perception nouvelle et entière de la surface du livre? Car, tout en lisant, je la vois cette surface, et je la vois dans son entier. Pendant que j'écris ces lignes, je vois très-bien la surface entière du papier et ses rapports avec les surfaces voisines, distinctes également. Et pourtant mon regard attentif s'attache expressément à suivre le bout de ma plume. Comment renier le témoignage de mes sens et me figurer que j'exécute, à chaque neuvième de seconde, un changement multiple de l'attention, qui me fait, d'une part, parcourir toutes ces surfaces *point par point*, pour revenir ensuite aux caractères que je trace? Le sens intime est ici par trop en désaccord avec la théorie (1). »

Mais si l'on veut des preuves moins entachées, aux yeux de quelques-uns, du cachet de l'observation sur soi-même, on n'a qu'à rappeler les expériences de Dove (1841). Dove a montré qu'à l'éclairage instantané de l'étincelle électrique, on peut encore obtenir des effets stéréoscopiques et fusionner des images doubles. Helmholtz et Donders ont également répété ces expériences aujourd'hui incontestées.

« Mais sans aller si loin, chacun n'a-t-il pas eu occasion, au milieu d'une nuit obscure, de voir l'éclair illuminer subitement le paysage (2), et, en ce court espace de temps, n'a-t-il pas vu en relief les objets en rapport avec son attention, n'a-t-il pas eu perception de la troisième dimension? »

Enfin, autre ordre de preuves : le relief s'obtient parfaitement avec des *images accidentelles*. En ce cas, peut-il y avoir promenade successive du regard?

Concluons donc aujourd'hui, avec M. Helmholtz, comme nous concluions en 1860 avec Wheatstone, que « les mouvements de l'œil ne sont nullement nécessaires pour obtenir la perception de la troisième dimension ».

Dans un récent et sérieux travail (3), M. Donders, partisan ancien de la doctrine des points identiques, ou du moins de celle des points *presque* correspondants, après avoir soutenu longtemps, et n'abandonnant qu'avec regret cette idée, « qu'en fixant invariablement un même point, il doit être impossible de distinguer si un autre point est plus ou moins éloigné que le premier; que le changement de convergence est nécessaire pour faire juger de la distance relative de deux points », revient cependant avec une éclatante indépendance sur cette opinion. Il fait plus : développant les expériences de Dove, il essaye d'apprécier la distance de deux étincelles électriques dans un champ obscur, et se convainc que, pour faire naître la notion de la troisième dimension, ce n'est point le mouvement des yeux qui est nécessaire, mais bien la différence de parallaxe. (Voyez, à la fin de ce travail, une expérience nouvelle et non moins concluante de M. Claudet.)

Il ressort donc enfin de *tous* les témoignages, que la vision associée, simple et avec relief, est instantanée et non point soumise à une inspection successive des différents points du tableau.

(1) *Physiologie et pathologie de la vision binoculaire*, 1861, p. 163.

(1) *Physiologie et pathologie fonctionnelle de la vision binoculaire.* Paris, 1861, p. 164.

(2) *Physiologie et pathologie fonctionnelle de la vision binoculaire*, p. 198.

(3) *Annales d'oculistique*, juillet 1867.

VI.—Théories des points presque correspondants de MM. Panum et Hering.

Le fait expérimental nouvellement signalé par Wheatstone (la fusion avec relief de deux images formées de chaque côté sur des points non identiques) ne permettant plus le maintien sur ses pieds de la doctrine des points correspondants, il y avait lieu à trouver, pour le mécanisme de la vision simple binoculaire, une nouvelle explication.

MM. Panum d'un côté, Hering de l'autre, proposèrent les suivantes, qui reposent sur un élément commun.

Voici d'abord celle de M. Panum :

« Chaque point *a* de l'une des rétines serait *identique* avec un certain cercle A qui lui correspondrait dans l'autre rétine, et il y aurait fusionnement possible dès que deux *contours analogues* passeraient d'un côté par *a*, et de l'autre par un point quelconque de A... »

M. Panum ajoute que la lutte a lieu principalement entre des couleurs et des contours différents, mais d'intensité à peu près égale; ceux qui se ressemblent ont de la tendance à se fusionner.

Telle est la doctrine que l'on a substituée à celle des points identiques, sous le nom de théorie des points *presque* correspondants ou *presque* identiques.

M. Helmholtz, malgré l'urbanité de sa discussion de la théorie que nous venons d'exposer, ne peut se refuser à établir que, « toutes les fois que l'impression *a* de l'une des rétines se » fusionne avec celle du point 6, non homologue, dans le » cercle A de l'autre rétine, elle doit aussi se fusionner avec » le point *α*, son homologue dans ce même cercle A. Les » points *α* et 6 de la même rétine donneraient donc lieu à une » image unique; conclusion peu en harmonie avec la doctrine » de l'identité. »

La conception de la presque identité que nous ignorions alors être extraite de la théorie de M. Panum, nous fut présentée au congrès de 1862, comme une objection, par un éminent professeur qu'il n'est pas sans danger d'avoir pour adversaire.

« Il y a, nous disait M. de Græfe, lors de l'unité dans la vision binoculaire, non pas correspondance absolue et point par point entre les deux rétines, mais il existe une certaine région superficielle qui se correspond dans les deux rétines, et sur lesquelles s'effectue la fusion; en un mot, une *presque identité* entre les points correspondants des deux organes. »

« — La formule des points identiques, eûmes-nous l'honneur de lui répondre, est une formule géométrique, c'est-à-dire absolue. Entre identité, ou correspondance géométrique homologue, et non-identité, il n'y a point de moyen terme. La *presque identité*, c'est la *non-identité*. »

M. Helmholtz vient de se charger de fournir la démonstration détaillée de cette proposition. Il n'y a donc plus à y revenir.

Quant aux considérations énoncées par M. Panum sur l'influence des contours, nous ne les frapperons point de la même fin de non-recevoir. Nous les rappellerons, au contraire, dans quelques instants, dans le but de préciser à d'autres égards leur véritable influence.

Conception de M. Hering :

« Les traits principaux de la théorie de M. Panum se présentent à nous, dit M. Helmholtz, sous une forme plus nett et plus définie dans la théorie de la vision binoculaire propo sée par M. E. Hering. »

« M. Hering admet qu'à l'état d'excitation, les différent » points de la rétine provoquent, outre les sensations col » rées, trois autres sortes de sentiments d'étendue : les de » premières, déjà comprises sous les idées de longitude et » latitude du point excité; la troisième, d'une nature parti » lière, correspondrait au sentiment de la *troisième dim* » *sion*, celle de la *profondeur*. Cette dernière aurait des v » leurs *égales*, mais de signes *contraires* pour deux point » identiques (c'est-à-dire ayant même longitude et même la » titude), des valeurs égales et de même signe pour des point » situés *symétriquement*. En somme, le sentiment de profon» deur dans les moitiés *externes* des rétines est *positif*, c'est» à-dire qu'il répond à une profondeur plus grande; dans le » moitiés *internes*, il est négatif, il répond à une profonde » moindre. »

(Nous croyons qu'il y a ici une faute d'impression, et q c'est à la moitié *interne* des rétines que correspondrait la v leur positive, c'est-à-dire la notion en profondeur au delà d point de visée, et réciproquement.)

« Mais, remarque M. Helmholtz, voici que chez M. Herin » nous nous heurtons encore au mystère » — (à l'impossibilit serait mieux) — « de la théorie de l'identité. »

« D'après la théorie de l'identité, les sollicitations lumi » neuses pareilles ou différentes qui tombent sur des poin » de coïncidence ne peuvent jamais donner lieu qu'à un » sensation simple. Elles doivent donc se fusionner nécessai » rement; c'est ce qui est répété à chaque instant par M. He » ring. Dans l'acte de la vision associée, un même point dans » une rétine donnerait donc lieu à deux fusions simultanés, » l'une avec un point correspondant, l'autre avec un point » *à peu près correspondant*. »

Même contradiction dirimante que dans la théorie de Pa num, et qu'aucun artifice ne saurait résoudre.

Mais M. Helmholtz en signale en outre de non moins frap pantes : « Si les rétines jouissent ainsi de ces propriétés pre mières, d'affecter un certain sens à la profondeur dans l'une de leurs moitiés, le sens opposé dans l'autre, la vision mono culaire serait sujette à de singulières aberrations. Un plan perpendiculaire au plan médian de l'observateur, contempl monoculairement, serait nécessairement vu sous une inclinai son à 45 degrés d'avant en arrière et de dedans en dehors Pour répondre à cet argument, il faut entrer dans des considé rations psychiques beaucoup plus obscures que le phénomèn primitif dont cette théorie a pour objet de donner la solutio mécanique. »

Nous laisserons donc là, pour n'y plus revenir, la doctrin de la presque identité; mais nous nous ferons un devoir d recueillir dans la théorie des *contours analogues* de M. Panum une idée que nous avons déjà émise sous une autre forme celle « de la succession, dans la même partie du champ vi suel, des mêmes interruptions de surfaces dans l'œil droit e l'œil gauche », emportant l'idée d'unité, de corps interposés et provoquant le fusionnement point par point de ces surface et de leurs interruptions.

Giraud-Teulon.

— La fin prochainement. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

La découverte des petites planètes a l'observatoire de Marseille. — A l'avant-dernière séance de l'Académie des sciences, M. Le Verrier adresse une lettre dans laquelle il annonce en ces termes la découverte de la quatre-vingt-seizième petite planète à l'observatoire de Marseillle : « Suivant une dépêche et une lettre de l'astronome de Marseille, M. Stephan, en date du 18 février 1868, la quatre-vingt-seizième petite planète a été obtenue dans la soirée du 17 par la vérification du ciel régulièrement organisée dans notre succursale de Paris-Marseille. C'est le quatrième astre nouveau trouvé à Marseille depuis le 6 août 1866. » La lettre de M. Le Verrier indique ensuite la position de cette planète, relevée par M. Stephan pour le 17 février, et celle qui a été obtenue au grand instrument méridien de Paris par M. Lœwy, le 20 février.

A la suite de la lettre de M. Le Verrier, M. Delaunay exprime le regret que M. Le Verrier persiste à ne pas vouloir faire connaître les noms des observateurs qui découvrent des petites planètes à l'observatoire de Marseille, confié à sa direction, et il profite de cette occasion pour faire savoir à l'Académie que le jeune observateur auquel est due la découverte de la petite planète (91) se nomme Borelly.

Lundi dernier, à la fin de la séance, M. Delaunay annonce à l'Académie que la découverte de la quatre-vingt-seizième petite planète, annoncée par M. Le Verrier dans la séance précédente, a été faite par M. Coggia (1).

M. Le Verrier se lève aussitôt en réclamant la parole, au moment même où M. Delaunay, président, vient de la donner à M. Élie de Beaumont pour lire une pièce de la correspondance qu'il tient en main.—« La parole est à M. Élie de Beaumont », répond M. Delaunay. — « J'ai été nommé ; c'est un fait personnel, j'ai le droit de répondre », réplique M. Le Verrier.—M. Delaunay se tourne vers M. Émile de Beaumont, semble le consulter, et répète : « La parole est à M. Élie de Beaumont. » —« Je réclame la parole, reprend énergiquement M. Le Verrier, et l'on ne peut me la refuser. » — M. Delaunay parle de nouveau à M. Élie de Beaumont, et accorde la parole à M. Le Verrier ; puis *il quitte le fauteuil* de la présidence, où il est remplacé par *M. Claude Bernard*.

M. Le Verrier blâme la persistance de M. Delaunay à intervenir dans cette affaire, et déclare qu'elle aura pour résultat de désorganiser l'observatoire de Marseille. Quant à lui, il ne consentira jamais à désigner comme l'auteur d'une découverte astronomique une personne qui ne fait que suivre mécaniquement un plan tout tracé : la recherche des petites planètes est organisée à l'observatoire de Marseille de manière à ne plus exiger aucune connaissance astronomique, et les observateurs qu'on y emploie sont, en effet, dépourvus de connaissances de ce genre ; ils ne pourraient calculer eux-mêmes les éléments de l'astre qu'ils aperçoivent et ne sont, en quelque sorte, que l'œil de l'astronome qui a su installer un appareil dont l'usage est presque automatique et qui en dirige l'emploi. Si l'on nommait l'observateur de service qui aperçoit l'étoile, on lui attribuerait le mérite d'une découverte qui appartient bien plutôt à l'instrument installé par un autre, et comme cette chance pourrait se renouveler assez souvent pour lui, grâce à la perfection de cet instrument, il passerait bientôt aux yeux du public pour un astronome infiniment supérieur à l'astronome véritable qui a installé l'appareil et dont les travaux ne se révèlent point par des faits capables d'attirer vivement l'attention de la foule. D'ailleurs les observateurs employés à Marseille, et dont on veut ici prendre la défense, ne songent pas à réclamer. Ils savent, dit M. Le Verrier, que s'ils découvrent une petite planète, j'augmente leurs appointements annuels de 250 francs, et je leur donne, en outre, une somme fixe de 500 francs.

A ces mots, une protestation unanime de toute la salle interrompt M. Le Verrier et couvre sa voix. C'est la première fois que nous voyons le public intervenir ainsi dans une discussion académique. Cependant M. Le Verrier avait déjà exposé les mêmes idées, il y a quelque temps, devant l'Académie, à l'occasion de la discussion sur la parallaxe du soleil (voyez notre numéro du 21 décembre 1867, ci-dessus, page 47).

« Protestez donc aussi quand on m'attaque, s'écrie M. Le Verrier en se tournant vers l'assistance, ou laissez-moi me défendre. » Puis, se retournant vers l'Académie : « Vous aussi n'avez-vous pas dans tous vos travaux des aides et des calculateurs que vous ne nommez pas. » — « Je les nommerai, répond M. Delaunay avec énergie, lorsqu'ils feront des découvertes en géométrie. » — M. Chacornac, présent dans l'assistance, fait une observation sur la manière dont on cherche les petites planètes, et M. Le Verrier lui répond, en le nommant, qu'il n'en est plus ainsi aujourd'hui.

— M. Liouville déclare que M. Delaunay n'a fait que son devoir en publiant les noms de ceux qui avaient découvert des petites planètes à l'observatoire de Marseille. En effet, l'Académie doit décerner chaque année le prix Lalande, — fondé par un astronome qui fut aussi directeur de l'Observatoire de Paris, — aux personnes qui font des découvertes de ce genre, — « les meilleures », interrompt M. Le Verrier, — et il faut qu'elle en soit informée pour qu'elle puisse accomplir son mandat. Si M. Le Verrier trouve la chose mauvaise, qu'il propose de changer les conditions de ce prix, on verra si l'on peut et si l'on veut le faire ; mais la proposition sera examinée par les bureaux, elle passera par la filière ordinaire, tandis que M. Le Verrier veut la présenter ou plutôt l'imposer incidemment.

— M. Pasteur intervient en faveur de M. Setphan, l'astronome de Marseille, qui a été élève de l'École normale. Avant l'arrivée de M. Stephan, on n'avait découvert aucun astre nouveau à Marseille ; six semaines après cette arrivée, on en trouve un, et bientôt après plusieurs autres. Cela ne montre-t-il pas que la direction de M. Stephan a été au moins pour quelque chose dans ces découvertes ?

— M. Delaunay fait remarquer que personne ne songe à priver M. Stephan de la part qui lui revient dans ces travaux et que ce n'est pas de lui qu'il s'agit.

Le comité secret, réclamé à plusieurs reprises par quelques membres, est prononcé, et l'assistance s'écoule lentement pendant que plusieurs académiciens échangent des paroles fort vives.

Réorganisation de l'Observatoire de Paris. — Une commission avait été nommée pour examiner la situation de l'Observatoire de Paris, et elle avait soulevé diverses questions personnelles et donné lieu à plusieurs brochures dont il est sans intérêt d'entretenir nos lecteurs. Cette commission a conclu, par l'organe de son rapporteur, M. l'amiral Fourichon, en proposant : 1° d'instituer un conseil de direction, composé de cinq membres et présidé par le directeur, qui déciderait toutes les questions importantes relatives à l'établissement, que le directeur tranche aujourd'hui à lui seul ; 2° de transporter l'Observatoire à Fontenay-aux-Roses, à quelques kilomètres de Paris.

Continuation des travaux de M. Foucault. — Le ministre de l'instruction publique vient de nommer une commission chargée de terminer les divers travaux scientifiques entrepris par Léon Foucault et les instruments qu'il a laissés inachevés. Elle se compose de : MM. Rolland, directeur des manufactures de l'État ; Wolf, astronome à l'Observatoire de Paris ; Lissajous, professeur au lycée Saint-Louis ; Regnauld, professeur à l'École de méde-

(1) C'est le même observateur qui a découvert, aussi à l'observatoire de Marseille, la première comète de 1867, pendant la nuit du 23 au 24 janvier. Cette découverte a été annoncée par M. Le Verrier à l'Académie des sciences, le 28 janvier 1867, avec la seule indication de l'observatoire de Marseille et *sans nom d'auteur*.

cine ; et A. Martin, le collaborateur de Foucault. Cette commission doit avoir à sa disposition une somme annuelle de 10 000 francs, prélevés, paraît-il, sur les fonds de la liste civile.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Élection de M. Bouley.* — L'Académie a procédé, lundi dernier, à l'élection d'un membre dans la section d'économie rurale en remplacement de Rayer. La section proposait : en première ligne, M. J. Reiset ; en deuxième ligne, *ex æquo*, M. Bouley (de l'Académie de médecine), professeur à l'École vétérinaire d'Alfort; M. Dubrunfaut, et M. Hervé-Mangon, professeur au Conservatoire des arts et métiers ; enfin, en troisième ligne, M. Richard (du Cantal). Au premier tour de scrutin, sur 58 votants, M. Bouley obtient 27 voix, M. Reiset 26 et M. Dubrunfaut 5. Au second tour, M. Bouley est nommé par 32 suffrages contre 24 donnés à M. Reiset et 2 à M. Dubrunfaut.

LE VIRUS-VACCIN. — M. Mialhe, à l'occasion de la communication faite par M. Chauveau dans la séance précédente sur le principe actif du vaccin, rappelle à l'Académie des sciences que ses recherches personnelles sur la diastase salivaire, la pepsine et d'autres principes analogues, l'avaient conduit à formuler en 1855 des conclusions relatives à l'existence de ferments qui auraient une spécificité particulière et pourraient être nommés *ferments pathologiques*. Enfin, il prie l'Académie de vouloir bien autoriser l'ouverture d'un pli cacheté déposé par lui le 5 avril 1847, et qui a rapport au principe actif du vaccin, ou *vaccinuse*, et qui contient la note suivante : « Il résulte de mes recherches que le principe actif de la vaccine appartient à la classe des ferments.

» Voici ses principaux caractères : Isolé à l'aide de précipitations alcooliques successives, il est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et dans l'éther ; la chaleur, les acides forts, les bases puissantes, annihilent son pouvoir spécifique, lequel, comme on le devine, réside dans la propriété qu'il possède d'agir sur l'économie animale absolument comme la vaccine elle-même. »

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Fauteuils vacants.* — Outre ceux auxquels MM. Laugier et Bouley viennent d'être nommés, l'Académie des sciences a encore quatre fauteuils de membres titulaires vacants dans son sein, savoir : un second dans la section de médecine, celui de Serres ; deux dans la section de mécanique, ceux du général Poncelet et de Foucault ; et enfin celui de M. Dumas, dans la section de chimie, par suite de sa nomination à la place de secrétaire perpétuel pour les sciences physiques. L'Académie a en outre à élire deux associés étrangers en remplacement de Faraday et de Brewster, un correspondant dans la section de mécanique, deux dans la section d'astronomie, trois dans la section de géographie et navigation, un dans la section de physique générale, un dans la section d'économie rurale et un dans la section de médecine et chirurgie. Le nombre des places vacantes n'a peut-être jamais été aussi grand.

ACADÉMIE DE MÉDECINE. — *Élection de M. Davaine.* — La section de thérapeutique et d'histoire naturelle médicale présentait la liste suivante pour la première des places vacantes dans son sein : 1° M. Davaine ; 2° *ex æquo*, MM. Marrotte, Moutard-Martin, Oulmont ; 3° *ex æquo*, Boisset et Delioux de Savignac. — Au premier tour de scrutin, M. Davaine a été nommé par 42 suffrages, contre 24 donnés à M. Marrotte et 13 à M. Moutard-Martin.

COULVIER-GRAVIER. — Coulvier-Gravier, qui vient également de succomber, n'était pas de l'Académie ; mais sans avoir la valeur scientifique des trois hommes que l'Académie des sciences vient de perdre presque en même temps, il s'était consacré, depuis longtemps déjà, à une œuvre des plus utiles, les observations météorologiques et particulièrement celle des étoiles filantes. Il avait commencé ses recherches d'une manière régulière, avec le plus grand zèle, à une époque où l'on ne s'en occupait guère encore en France, et l'administration lui avait accordé, depuis longtemps déjà, un petit observatoire spécial au Luxembourg. Il serait à désirer que cet observatoire météorologique reçût les développements nécessaires pour ne pas rester trop inférieur aux magnifiques établissements spéciaux que les Anglais multiplient partout en ce moment, et même à l'observatoire modèle de Kew.

SERRES. — Né le 12 décembre 1786, à Clairac (Lot-et-Garonne), Serres est mort à plus de quatre-vingt-un ans. Dès 1814, il était agrégé de la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'Hôtel-Dieu et directeur de l'amphithéâtre des hôpitaux. Il se fit remarquer, en 1814 et en 1815, par son zèle à secourir les blessés, et reçut même une balle dans l'accomplissement de ces honorables fonctions. Il devint bientôt médecin en chef de la Pitié, et membre de l'Académie de médecine et de l'Académie des sciences. Nommé professeur d'anthropologie au Muséum d'histoire naturelle, il abandonna cette chaire pour prendre celle d'anatomie comparée, devenue vacante par la mort de Blainville, où ses leçons, dont il variait trop peu le sujet, ne réussirent à faire oublier ni son prédécesseur immédiat, ni surtout Cuvier, qui avait inauguré cet enseignement. Serres n'était pas marié ; il a laissé des legs importants aux personnes de son entourage et une somme de 75 000 francs au Muséum, à condition que les collections de paléontologie ne seraient jamais distraites des collections de la chaire d'anatomie comparée. Les tentatives d'émancipation de la paléontologie lui avaient toujours paru regrettables.

Disciple d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, Serres continua et développa les idées de son maître. Il formula et défendit cette idée, que les animaux supérieurs passent successivement, dans leur développement embryogénique, par les diverses formes d'organisation et de fonctionnement physiologique qui caractérisent les animaux inférieurs. Lors de la première épidémie cholérique, en 1832, il étudia la maladie nouvelle, qu'il essaya de caractériser par une éruption de pustules particulières dans le canal intestinal. Serres a publié plusieurs ouvrages, qui remontent à une époque déjà éloignée : un Essai sur l'anatomie et la physiologie des dents, une Anatomie comparée du cerveau, des Recherches d'anatomie transcendante, des Vues sur l'indépendance de la formation des organes, etc., et, plus récemment, en 1860, des Principes d'embryogénie, de zoogénie et de tératogénie.

BULLETIN DES COURS.

Institution royale de la Grande-Bretagne.

COURS SUIVIS.

LECTURES DE NOEL : La Chaleur et le Froid, six leçons par M. J. TYNDALL (de la Société royale de Londres).

M. J. TYNDALL (de la Société royale de Londres) : Les Découvertes de Faraday (dix leçons en janvier et février 1868).

M. ROSCOE (de la Société royale de Londres): La Chimie des métalloïdes (onze leçons, les samedis, du 25 janvier au 4 avril 1868).

M. MICHAEL FOSTER : Les divers modes de développement des animaux (douze leçons, les mardis et jeudis, du 24 mars au 2 avril, et les mardis du 21 avril au 9 juin 1868).

M. ODLING (de la Société royale de Londres) : La Combinaison chimique (quatre leçons, les jeudis, du 23 avril au 2 mai 1868).

T. BAIN : Les Erreurs populaires (quatre leçons, les jeudis et samedis, du 7 au 16 mai 1868).

M. R. GRANT (de la Société royale de Londres), directeur de l'observatoire de Glascow : L'Astronomie dans ses rapports avec l'établissement de la théorie de la gravitation (quatre leçons, les jeudis et samedis, du 21 au 30 mai 1868).

Sir JOHN LUBBOCK (de la Société royale de Londres) : Les Sauvages (quatre leçons, les jeudis et samedis, du 4 au 13 juin 1868).

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 15 | 14 MARS 1868

ASSOCIATION BRITANNIQUE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES.

SESSION DE DUNDEE.

SIR JOHN LUBBOCK (1)
(de la Société royale de Londres).

La condition primitive de l'homme et l'origine de la civilisation.

Parallèlement aux deux opinions sur l'unité de l'espèce humaine, il y en a deux autres sur la condition primitive des premiers hommes ou des premiers êtres dignes d'être appelés ainsi.

Beaucoup d'écrivains ont supposé que l'homme était d'abord un pur sauvage, et que notre histoire a été en somme un progrès lent vers la civilisation, quoique de temps en temps quelques races soient restées stationnaires ou même aient rétrogradé. D'autres auteurs non moins distingués ont adopté une opinion diamétralement opposée. Suivant cette école, l'homme était au commencement à peu près ce qu'il est *maintenant, peut-être* même plus ignorant des arts et des *sciences que* maintenant, mais avec des qualités mentales qui n'étaient point inférieures aux nôtres. Ils supposent que les sauvages sont les descendants dégénérés d'ancêtres bien supérieurs. Parmi les défenseurs de cette opinion, le dernier archevêque protestant de Dublin est un des plus éminents et des plus récents. Dans cette lecture, je me propose d'examiner rapidement les raisons qui ont conduit l'archevêque Whately à cette conclusion, et plus rapidement encore quelques-uns des faits qui me paraissent la rendre insoutenable. Le docteur Whately énonce son opinion en ces termes :

« Nous n'avons aucune raison pour croire que jamais une société de sauvages ait pu, sans être aidée par une influence étrangère, sortir d'un état de véritable barbarie et devenir réellement civilisée... L'homme n'est point sorti de l'état sauvage; les progrès qu'une société a faits vers la civilisation par ses propres ressources ont toujours commencé d'une condition éloignée de la barbarie complète, d'où il ne paraît pas que jamais les hommes soient parvenus à sortir d'eux-mêmes. »

Chacun peut se sentir disposé à répondre immédiatement que l'on peut citer cinquante cas qui contredisent cette assertion, et, sans sortir des limites de l'île que nous habitons (la Grande-Bretagne), nous devons considérer son histoire comme offrant à elle seule une réponse suffisante à une telle assertion. L'archevêque Whately était un avocat trop habile pour ne point comprendre la force d'un pareil argument. « Les anciens Germains, dit-il, qui cultivaient le blé, quoique leur agriculture fût probablement dans un état très-rudimentaire; qui n'avaient pas seulement des troupeaux pour leur lait et pour leur viande, mais qui employaient le travail des animaux et qui faisaient même usage de cavalerie dans leurs guerres..., ces peuples ne peuvent point, à proprement parler, être appelés des sauvages, si l'on tient à leur donner ce nom, car je ne crois pas qu'il soit nécessaire de discuter pour un mot. J'admettrai que, sans être assisté par aucune force extérieure, l'homme peut faire des progrès, et, en fait, l'histoire nous montre que des sauvages dans ce sens sont devenus des peuples civilisés. »

La limitation du terme *sauvages*, qu'il applique aux derniers représentants de l'espèce humaine, rend certainement la théorie du docteur Whately plus facile à défendre, en augmentant la difficulté de produire contre elle des arguments décisifs. En effet, l'archevêque Whately s'exprime comme s'il était facile d'apporter un témoignage pour combattre sa théorie dans le cas où une tribu de ces sauvages de la dernière catégorie serait devenue des gens civilisés, au moins dans le sens des Germains. La manière dont il a traité les Mandans, tribu d'Indiens de l'Amérique du Nord, montre comment il traite cette hypothèse. Ce peuple infortuné est décrit comme ayant été incontestablement plus civilisé que ceux qui l'entouraient. N'ayant point alors de voisins plus avancés qu'eux-mêmes, les Mandans ont été cités comme un exemple de sauvages qui s'étaient civilisés sans secours étranger. En réponse à cette assertion, l'archevêque Whately demande :

1° Comment savez-vous que ces Mandans ont été de la même race que leurs voisins?

2° Comment savez-vous qu'ils ne représentent pas le niveau de civilisation primitive d'où les autres sont tombés?

3° Enfin, supposons que ces Mandans soient réellement sortis de l'état sauvage, comment savez-vous que cela n'a point été à l'aide de quelque étranger venant parmi eux, comme Manco Capac, lorsqu'il a abordé au Pérou, et arrivant d'un pays plus civilisé bien longtemps avant Christophe Colomb?

Supposons, en effet, pour un moment, et pour les besoins de la discussion, que les Mandans, ou toute autre race, aient été primitivement sauvages et se soient graduellement civilisés, il aurait été manifestement impossible de fournir les témoignages demandés par le docteur Whately. Sans crainte d'être contredit, il peut affirmer que « nous ne connaissons point un seul cas *écrit* d'une tribu de véritables sauvages de-

(1) Voyez ci-dessus, dans notre numéro du 17 janvier 1868, page 105, le compte rendu général des travaux de cette session.

venant civilisée sans l'instruction et l'assistance d'un peuple déjà civilisé ». Partant de la supposition que les vrais sauvages ignorent complétement l'écriture, et mettant comme condition que ces sauvages n'aient devant eux l'exemple d'aucune nation civilisée, il rend l'existence d'un document écrit impossible, car sa seule présence suffirait pour en détruire la valeur. En effet, dans un autre passage, l'archevêque Whately va jusqu'à dire : « Si l'homme en général, ou quelque race particulière, est capable de se civiliser lui-même, on peut espérer que l'on trouvera quelque document écrit, quelque tradition ou quelque monument d'un tel événement. »

Bien au contraire, l'existence d'un document de cette nature serait impossible d'après l'hypothèse même. Les traditions ne durent pas longtemps et ne semblent point faites pour inspirer grande confiance. Quant à ce que pourrait être un monument qui prouverait l'existence réelle d'une race capable de se perfectionner elle-même, j'avoue que je ne suis point en état de comprendre ce qu'il pourrait être. Quelle espèce de monument pourrait accepter l'archevêque comme preuve que le peuple qui l'a construit a été primitivement sauvage? qu'il s'est instruit lui-même, et qu'il ne doit rien à l'influence d'une race supérieure? Évidemment le mot *monument*, dans le passage précédent, a été employé pour arrondir la phrase. « Mais, dit l'archevêque Whately, on a décrit diverses tribus sauvages, habitant dans différentes parties du globe, qui ont été visitées de temps en temps, mais à des intervalles considérables, par des peuples civilisés, mais qui n'ont jamais eu avec ces nations plus avancées de rapports réguliers, et qui paraissent rester, autant que l'on peut s'en assurer, dans la même condition inculte. » Et il cite un cas, « celui des Nouveaux-Zélandais, qui ne paraissent point être plus avancés que quand Tasman découvrit leur pays en 1642, que quand Cook le visita cent vingt-sept ans après. »

Nous avons été accoutumés à voir autour de nous un progrès si rapide, que nous oublions combien un siècle est peu de chose dans l'histoire de la race humaine. Même en prenant la chronologie ordinaire, si en six mille ans une race humaine n'a pu faire que le chemin nécessaire pour sortir d'un état de sauvagerie profonde et passer dans la situation où se trouvent aujourd'hui les Australiens, il est clair que nous ne pouvons espérer trouver beaucoup de changement en un siècle. Ainsi, dans notre propre pays, nous trouverions maintenant beaucoup de villages de pêcheurs qui se trouvent encore aujourd'hui dans l'état où ils étaient il y a cent vingt-sept ans. Bien plus, je peux franchement dire que, suivant la propre définition donnée par Whately d'un état sauvage, les Nouveaux-Zélandais doivent être considérés comme civilisés. Ils cultivaient le sol, ils avaient des animaux domestiques, ils construisaient des fortifications compliquées, ils fabriquaient d'excellents canots; en un mot, ils n'étaient point dans un état de barbarie profonde. Peut-être pourrai-je dire qu'une visite aussi courte que celle de Tasman n'est point suffisante pour donner une idée de la condition d'un peuple; mais je suis d'autant plus disposé à accepter l'affirmation de l'archevêque Whately, que le fait de voir plusieurs races actuellement stationnaires est en réalité un argument contre la théorie de la chute et non contre la théorie du progrès. Des races civilisées, disons-nous, sont les descendants de races qui sont sorties de l'état de barbarie. Au contraire, disent nos adversaires, les sauvages sont les descendants de races civilisées et sont tombés dans leur situation actuelle. Mais l'archevêque Whately admet que les races civilisées se relèvent, tandis que le races sauvages restent stationnaires. Il est assez étrang qu'il regarde ce fait comme un argument pour défendr la proposition, très-difficile à soutenir, que la différence de deux races n'est pas due au progrès d'une réunion d'hommes — progrès que chacun admet, — mais à la dégradation de ceu que lui-même considère comme étant stationnaires. L'erreu est naturelle, et ressemble à celle que nous faisons lorsqu nous regardons par les fenêtres d'un wagon sur un chemi de fer, quand les bois et les champs semblent fuir loin de nous, tandis que c'est nous qui marchons, et que ce sont les bois e les champs qui demeurent stationnaires.

Mais on répond : « Si l'homme, quand il a été créé, a été laissé, comme les brutes, tout seul à l'exercice de ces facultés naturelles du corps et de l'esprit qui sont communes à l'Européen et au sauvage de la Nouvelle-Hollande, comment se fait-il que l'Européen ne se trouve pas maintenant dans la condition du Nouveau-Hollandais? » Je suis, en vérité, surpri d'avoir à lutter contre un pareil argument. En premier lieu, l'Australie ne possède ni céréales, ni animaux que l'on puisse dompter avec avantage. En second lieu, nous trouvons que, même dans la même famille, on constate chez les enfants des mêmes parents les dispositions les plus opposées. Dans la même nation, on rencontre à la fois des familles douées des facultés les plus nobles, et d'autres dont tous les membres sont tous plus ou moins criminels. Mais dans ce cas comme dans le dernier, si l'argument de l'archevêque vaut quelque chose, c'est contre ses propres opinions. Il ressemble à un *boomerang* australien qui recule contre celui qui cherche à s'en servir. L'archevêque croyait que l'homme avait été primitivement civilisé, au moins dans un certain sens, et il croyait de plus à l'unité de la nature humaine. « Comment se fait-il, pourrai-je lui demander à mon tour, que l'habitant de la Nouvelle-Hollande n'est point dans la condition de l'Européen? » Dans d'autres endroits de son ouvrage, l'archevêque Whately cite avec approbation un passage du président Smith, du collége de New-Jersey, qui dit que l'homme, « jeté dans le monde comme un orphelin de la nature, nu et sans secours dans des forêts inextricables, aurait péri sans avoir pu apprendre à satisfaire ses besoins les plus urgents et les plus immédiats. » Supposons qu'il ait été créé ou qu'il soit venu au monde on ne sait comment, mais dans la pleine jouissance de sa puissance corporelle, combien de temps aurait dû s'écouler avant qu'il ait connu l'usage de ses membres? comment s'en servir pour grimper aux arbres? etc. On aurait pu dire exactement la même chose du gorille ou du chimpanzé, qui certainement ne sont point les descendants dégradés d'ancêtres civilisés.

Ayant ainsi répondu aux arguments présentés par l'archevêque Whately, je vais m'occuper de résumer très-brièvement aussi quelques faits qui semblent militer contre l'opinion qu'il a défendue.

D'abord j'essayerai de montrer qu'il y a des signes de progrès même parmi les sauvages; en outre, que, parmi les nations les plus civilisées, on peut encore reconnaître des traces de barbarie primitive.

L'archevêque suppose que les hommes ont commencé par être pasteurs et cultivateurs; cependant nous savons que les Australiens, les indigènes de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud, et plusieurs races plus ou moins sauvages, vivant dans des contrées éminemment propres à élever nos

animaux domestiques ou à la culture des céréales, ignorent également ces deux arts.

Il est, je pense, improbable qu'une race d'hommes qui auraient commencé à être agriculteurs ou bergers abandonneraient ensuite entièrement des occupations si aisées et si avantageuses. Il est encore plus improbable, si nous admettons la chronologie très-limitée d'Usher, que toute tradition d'un pareil changement ait été perdue. Bien plus, si les colons actuels d'Amérique et d'Australie étaient destinés à tomber dans un pareil état de barbarie, nous trouverions encore dans ces pays des troupeaux devenus sauvages et descendant de ceux que l'on aurait importés. Enfin si ceux-là étaient exterminés, nous trouverions leurs restes, tandis que nous ne savons pas que l'on ait trouvé un seul os de bœuf ou de mouton domestique, soit en Australie, soit en Amérique. Le même argument s'applique au cheval, car le premier cheval de l'Amérique du Sud n'appartient point à la race domestique. Nous ne savons pas si aucune de nos céréales cultivées pourrait survivre dans un état sauvage, quoiqu'il soit très-probable qu'elles nous survivraient, mais dans une forme modifiée; mais il y a beaucoup d'autres plantes qui suivent la marche de l'homme, et par lesquelles la botanique de l'Amérique du Sud, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande a été presque aussi profondément modifiée que leur ethnologie lors de l'arrivée de l'homme blanc. Les Maoris ont un proverbe mélancolique qui dit que les Maoris disparaissent devant l'homme blanc comme le rat des Européens détruit le rat des indigènes; la mouche des blancs chasse la mouche des Maoris, et notre trèfle tue les fougères de la Nouvelle-Zélande.

La *Revue d'histoire naturelle* pour 1864 contient un mémoire très-intéressant sur cette question, du docteur Hooker, dont personne ne mettra en doute l'autorité : « En Australie et en Nouvelle-Zélande, dit-il, l'arrivée bruyante de l'émigration anglaise ne fait pas plus sûrement son œuvre que le courant irrésistible des herbes britanniques qui couvrent chaque année la surface des solitudes, qui poussent sur le sol vierge aussi bien que sur celui qui est soumis à la culture, augmentent annuellement le nombre des genres, des espèces et des individus. » A propos de ce sujet, un correspondant, W. L. Locke Travers, Esq., F. L. S., un botaniste très-actif de la Nouvelle-Zélande, écrivant de Canterbury, s'exprime ainsi : « Vous seriez surpris de voir la rapidité de la propagation des plantes européennes et étrangères dans ce pays. Le long des principales routes dans les plaines, on voit pousser avec une vigueur admirable le *Polygonum aviculare*, appelé herbe à vache, dont les racines ont quelquefois deux pieds de longueur et dont les feuilles s'étendent sur une surface qui atteint jusqu'à cinq pieds de diamètre. Le *Rumex obtusifolius* ou le *R. crispus* se trouvent dans le lit de toutes les rivières, remontant dans les vallées des montagnes, jusqu'à ce que ces rivières deviennent de simples torrents. Le chardon est répandu dans toutes les contrées, et pousse d'une façon luxuriante, jusqu'à près de 6000 pieds. Le cresson de fontaine pousse avec tant d'abondance dans nos rivières tranquilles, que l'on peut craindre de les voir se boucher. » Le cardon de la république Argentine est un autre exemple du même fait. Nous pouvons donc affirmer que si l'Australie, la Nouvelle-Zélande ou l'Amérique du Sud avaient jamais été peuplées par une race de bergers ou d'agriculteurs, la faune et la flore auraient presque inévitablement donné une preuve du fait. Elles auraient beaucoup différé de la condition dans laquelle nous les avons trouvées. Nous pouvons aussi affirmer, comme proposition générale, que jamais d'armes ou d'instruments de métal n'ont été trouvés dans des pays habités par des sauvages ignorant tout à fait la métallurgie. Un argument encore plus fort est fourni par la poterie.

La poterie n'est point facilement détruite ; une fois qu'on sait la fabriquer, elle reste toujours en abondance, parce qu'elle possède à la fois deux qualités, celles d'être facile à casser, mais presque impossible à détruire, qui la rendent très-précieuse au point de vue archéologique. En outre elle est, dans la plupart des cas, associée avec des sépultures. C'est un fait très-significatif qu'on n'a jamais trouvé un seul fragment de poterie en Australie, dans la Nouvelle-Zélande ou dans les îles de la Polynésie. Il ne me paraît pas probable qu'un art si facile à pratiquer et si utile ait jamais pu être perdu par une race d'hommes. Bien plus, cet argument s'applique à différents arts et à différentes espèces d'instruments. Je n'en mentionnerai que deux, quoique je puisse en invoquer beaucoup d'autres. L'art de filer et l'usage de l'arc sont tout à fait inconnus à plusieurs races sauvages, et cependant il est difficile que ces deux progrès se soient perdus chez des peuples qui auraient été capables de les réaliser.

L'absence de débris d'architecture dans ces contrées est un autre argument. L'archevêque Whately le considère comme étant en sa faveur ; mais l'absence de monuments dans un pays est sûrement un indice de barbarie et non de civilisation.

La condition mentale des sauvages me semble aussi parler fortement contre la théorie de la « chute ». Non-seulement les religions des races inférieures semblent indigènes, mais, suivant un témoignage presque général de marchands, de philosophes, de marins et de missionnaires, il y a beaucoup de races d'hommes qui n'ont pas la moindre croyance religieuse. Les cas sont peut-être moins nombreux qu'on ne le supposait ; mais quelques-uns reposent sur de solides témoignages, et je crois difficile d'admettre qu'il se trouve des peuples qui, ayant eu une religion, l'ont tout à fait perdue.

La religion fait un appel si puissant aux craintes et aux espérances des hommes, elle pousse des racines si profondes dans la plupart des intelligences, elle est une si grande consolation dans les temps de douleur et de maladie, que je ne puis m'imaginer qu'il y ait jamais eu une nation qui l'ait entièrement abandonnée. En outre, elle produit une race d'hommes qui sont intéressés à maintenir son influence et son autorité. Quand nous trouvons une race qui en est actuellement dépourvue, nous ne pouvons nous empêcher d'affirmer qu'il en a toujours été ainsi.

Je m'en vais maintenant examiner un petit nombre de cas dans lesquels un certain progrès paraît avoir eu lieu. Suivant Mac Gillivray, les Australiens de Port-Essington, qui, comme leurs compatriotes, n'avaient que des canots d'écorce, les ont abandonnés maintenant pour d'autres creusés dans le tronc d'un arbre, et qu'ils achètent des Malays. Les naturelles des îles Andaman ont récemment adopté l'usage des *outriggers*. Les Bachapins, quand ils ont été visités par Burchell, venaient de commencer à travailler le fer. Suivant Burton, les nègres Wajaji avaient récemment appris à fabriquer le cuivre. Quand le capitaine Cook visita Tahiti, le plus grand tombeau, ou *morai*, était celui qui avait été élevé pour la reine régnant alors. Les Tahitiens venaient tout dernièrement d'abandonner l'habi-

tude du cannibalisme. Bien plus, il y a certains faits qui parlent d'eux-mêmes. Quelques-unes des tribus de l'Amérique du Nord cultivaient le maïs. Or, le maïs est une plante indigène propre à l'Amérique. Nous avons donc une preuve du progrès fait par ces tribus, indépendamment de toute influence étrangère. En outre, les Péruviens avaient fait du lama un animal domestique. Ceux qui croient qu'il y a plusieurs espèces d'hommes créés individuellement peuvent supposer que dès l'origine les Péruviens avaient des lamas domestiques. Je dois pourtant dire que l'archevêque Whately n'aurait certainement point adopté cette manière de voir. Il aurait, je suis sûr, admis que les premiers habitants du Pérou n'avaient ni lamas, ni aucune espèce d'animaux domestiques, excepté des chiens. Les étoffes que les Polynésiens font avec de l'écorce d'arbres est un autre exemple. Je citerai encore l'arc (*boomerang*) des Australiens; car cet arc n'est pas connu des autres races d'hommes (1). Nous ne pouvons le considérer comme un reste d'une civilisation primitive, sans cela il ne serait point entre les mains d'une seule espèce d'hommes. Par cette même raison, les Australiens ne peuvent l'avoir emprunté à des visiteurs civilisés. C'est donc au moins, à ce qu'il me paraît, précisément ce dont nous avons besoin, une preuve claire d'un pas en avant, un petit, si vous le voulez, fait par un peuple que l'archevêque Whately aurait considéré comme composé de vrais sauvages. Les grossiers procédés pour remplacer l'art de l'écriture trouvés chez différentes tribus, le *wampum* des Indiens de l'Amérique du Nord, les peintures parlantes et le *quipu* de l'Amérique centrale, doivent être considérés comme d'origine indigène. Dans le cas du système de lettres inventé par Mohamed Doolu, nègre du pays de Vei, dans l'Afrique occidentale, l'idée était certainement empruntée aux missionnaires, quoiqu'elle ait été exécutée indépendamment d'eux. Mais dans d'autres cas ceci ne peut, je le pense, être soutenu! Prenez par exemple les Mexicains. Même en supposant qu'ils soient descendus d'une race primitivement civilisée, qui avait complétement et graduellement perdu l'usage et la tradition des lettres, cependant nous devons considérer leur système de peinture écrite comme étant tout à fait d'origine américaine. Même si un système d'écriture par lettres pouvait jamais être perdu, ce dont je doute, il ne pourrait jamais être abandonné pour une écriture parlante, qui lui est inférieure à tous les points de vue. Si les Mexicains devaient leur civilisation, non à leur propre amélioration spontanée, mais à l'influence de quelques visiteurs européens chassés par la tempête ou conduits par l'amour des aventures, nous aurions trouvé, dans leur système d'écriture ou autrement, des preuves certaines d'une pareille influence. Quoique nous n'ayons point de preuve historique que la civilisation de l'Amérique était indigène, nous avons, dans son caractère même, des preuves encore plus concluantes qu'un récit quelconque ne saurait jamais l'être. Le même argument peut se tirer des noms dont les sauvages se servent pour désigner les nombres. Je trouve une grande difficulté à supposer qu'une race qui aurait appris à compter jusqu'à dix aurait jamais oublié une science si aisée et en même temps si utile. Cependant aucun des peuples auxquels l'archevêque Whately aurait réservé le nom de sauvages ne compte aussi loin. Aucun langage d'Australie ne va au delà de quatre. Les Dammaras et les Abépones ne vont point au delà de trois; quelques-unes des tribus brésiliennes ne peuvent aller au delà de deux (1).

Dans beaucoup de cas où le système de numération est un peu plus avancé, il porte la marque d'une origine indigène et récente. Parmi les nations civilisées, la dérivation des noms de nombre a été depuis longtemps obscurcie par les modifications graduelles que le temps apporte à tous les mots d'un fréquent usage, surtout avant l'invention de l'imprimerie. Cependant si les noms de nombre des sauvages étaient les restes d'une civilisation primitive, les derniers débris échappés au naufrage, nous ne les trouverions point sans rapport les uns avec les autres, quoique sans doute il nous fût impossible de remonter jusqu'à la langue primitive. Je ne peux naturellement donner ici à cet argument tous les développements qu'il mérite et citer les preuves à l'appui, mais je vais lire un court passage d'une lecture prononcée devant l'Institution royale par mon ami M. Tylor, et dans laquelle quelques faits se trouvent clairement établis. « Dans un grand nombre de tribus de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud et de l'Afrique occidentale, on trouve les expressions suivantes : pour cinq, « *une main entière* »; pour six, « une de l'autre main »; pour dix, « les deux mains »; pour onze, « un du pied »; pour vingt, « un Indien »; pour vingt et un, « une de la main d'un autre Indien »; ou bien : pour onze, « pied un »; pour douze, « pied deux »; pour vingt, « une personne est finie » (2). Au contraire, chez les misérables indigènes de la terre de Van-Diemen, le nombre des doigts d'une main, cinq, est appelé « puganna », un homme.

Pour nous montrer l'image du sauvage comptant sur ses doigts et pour être frappé de l'idée qu'il décrit ces mots, ses *gestes de numération*, ces mots finiront par devenir un nom de nombre. Aucun langage peut-être n'approche du zulie. Comptant sur ses doigts, il commence toujours par le petit doigt de sa main gauche. Atteignant ainsi cinq, il l'appelle une « main pleine »; il nomme six par le geste approprié, l'appelant « tatisitupa », prendre le pouce, tandis que sept était désigné par le geste qui consiste à prendre le second doigt. Or, ce doigt étant employé pour montrer les objets, le verbe « komba », indiquer, servait à former le nom de ce nombre. Nous sommes donc sûrs d'avoir ici le témoignage que l'archevêque Whately demandait. Ces noms de nombre ne remontent point à une haute antiquité, parce qu'ils n'ont pas été corrompus, et ils sont indigènes parce qu'ils ont une signification évidente dans la langue des tribus qui s'en servent.

Nous savons en outre que beaucoup de langues sauvages manquent entièrement des mots tels que « couleur », « ton », « arbre », etc., etc., ayant un nom pour chaque espèce de couleur, pour chaque espèce d'arbre, mais n'en ayant point pour l'idée générale. Je peux à peine imaginer qu'une nation perde de tels mots, si elle commence à les avoir.

(1) Il y a une exception, mais cela n'est pas bien sûr.

(1) Dans quelques langues de la Polynésie, il n'y a qu'un seul mot pour *bon* et *bien*, pour *mauvais* et *mal*. Aussi les missionnaires ont-ils eu beaucoup de peine à faire comprendre aux Calédoniens, par exemple, qu'il est *mal de manger son semblable*. — « Je t'assure que c'est bon », répondaient-ils au révérend évêque qui leur disait que c'est mal. Je tiens l'anecdote de mon frère Arthur, qui a longtemps navigué dans ces parages. — J. L.

(2) Voyez cette conférence de M. Brunet Tylor dans notre tome IV, page 705, numéro du 5 octobre 1867.

On peut tirer d'autres témoignages de langues des sauvages, et des arguments de ce genre ont plus de force que les objets que l'on trouve chez les sauvages. Supposez, par exemple, qu'un ancien voyageur mentionne l'absence de quelque art ou de quelque science chez une race qu'il a visitée, et qu'un autre plus récent l'y découvre. Beaucoup de personnes hésiteraient à considérer ce témoignage comme une preuve évidente d'un progrès indigène. Elles seraient peut-être disposées à soupçonner que les voyageurs les plus récents, avec de meilleures ressources peut-être, avaient vu ce qui avait échappé à leurs prédécesseurs. Ceci n'est point une hypothèse gratuite. Les anciens écrivains espagnols racontent que les habitants des îles des Larrons ignoraient l'usage du feu. Des voyageurs plus récents affirment, au contraire, qu'ils en connaissent parfaitement l'usage. En ce cas, on ne dit pas que les indigènes ont fait un pas en avant, mais au contraire que les Espagnols avaient commis une erreur, et je n'ai point opposé ce cas à l'archevêque Whately, parce que je suis moi-même de cette opinion! Cependant j'y fais allusion pour montrer combien il serait difficile d'obtenir un témoignage satisfaisant de progrès accomplis chez les sauvages. Les arguments tirés des langues ne sont point exposés à des objections pareilles, mais ils disent leur propre histoire et nous laissent la liberté de tirer nos conclusions.

Je vais maintenant exposer très-brièvement certaines considérations qui semblent montrer que même les races les plus civilisées étaient autrefois à l'état sauvage.

Non-seulement dans toute l'Europe, non-seulement en Italie et en Grèce, mais même dans ce qu'on appelle le berceau de la civilisation même, en Palestine, en Syrie, en Égypte et dans l'Inde, on a découvert les traces d'un âge de pierre. On peut, il est vrai, soutenir que ce n'était que les fragments des couteaux de pierre dont nous savons qu'on s'est servi dans les cérémonies religieuses, longtemps après que l'on faisait usage des métaux pour toutes les opérations de la vie civile ordinaire. Mais cette explication rappelle celle à l'aide de laquelle on a essayé des restes des éléphants en Europe, quand on s'est imaginé qu'ils avaient été amenés par les Romains. Mais pourquoi les couteaux de pierre étaient-ils employés par les prêtres juifs et égyptiens? Évidemment parce qu'ils avaient été autrefois d'un usage général, et que les prêtres les conservaient à cause de leur répugnance pour employer de nouvelles substances dans leurs cérémonies religieuses.

Il y a encore d'autres considérations qui conduisent inévitablement aux mêmes conclusions. On sait que les tribus sauvages font une médiocre attention à la vertu des femmes. Quelques-unes n'ont pas, — je ne veux pas dire ne sont point arrivées à l'idée du mariage. Quiconque a étudié avec intérêt les races d'hommes inférieurs admettra que les femmes d'un sauvage sont en quelque sorte une partie de sa propriété, aussi bien que son chien ou ses esclaves mâles. Aussi, quand un homme meurt, son frère prend possession de sa veuve comme du reste de ses biens. Dans les cas où les femmes sont traitées avec plus de justice, les premiers résultats sont, suivant nos idées, d'un avantage problématique. Ainsi, parmi les naturels des îles Andaman, l'homme et la femme ne restent ensemble que jusqu'à ce que l'enfant soit né, alors ils sont libres de se séparer et de se marier à d'autres. Chez d'autres tribus, le mariage peut se terminer au choix de l'homme ou de la femme; chez d'autres, le mariage est de telle nature qu'il ne sert point à établir même une présomption de lien de famille. Le résultat est que beaucoup de sauvages n'ont pas l'idée de la paternité. Leurs familles s'établissent seulement par la ligne des femmes. Des traces de cette habitude se rencontrent chez les Australiens, les Fidjiens et à peu près tous les insulaires de la mer du Sud, chez les anciens Celtes, les Grecs, les Khasias, les Nairs, et d'autres tribus de l'Hindoustan, quelques hordes de Cosaques, beaucoup de tribus nègres, etc., etc.; en un mot, dans tout l'univers. Par la même raison, les héritiers d'un homme ne sont pas ses enfants, mais bien ceux de sa sœur. C'est probablement de là qu'il faut expliquer cette habitude des Wanyamwezi, qui semble au premier abord inexplicable, et en vertu de laquelle la propriété d'un homme passe à ses enfants naturels et non à ses enfants légitimes (1).

En cherchant à suivre ainsi la construction graduelle de l'idée de mariage, nous pouvons arriver à nous rendre compte de deux habitudes extraordinaires que nous trouvons dans chaque partie du monde, qu'un homme est considéré dans quelques tribus comme n'ayant pas de liens de parenté avec ses propres enfants, et que la propriété ne va point à ses enfants, mais à ceux de sa sœur. A mesure que les choses s'améliorent et que les probabilités de la parenté deviennent plus sérieuses, l'habitude de ne compter que par les femmes est graduellement abandonnée. Beaucoup de sauvages n'ont point fait encore d'assez grands progrès pour que le changement se soit opéré en eux. Quelques-uns, tels que les Ait-Iraten, l'ont fait il y a moins d'un siècle, et ils ont construit une colonne de pierre en mémoire de cet événement. Nous trouvons même, dans l'histoire ancienne des nations les plus civilisées, des traces de cette progression. Ainsi, parmi les anciens Israélites, nous voyons qu'Abraham épousa sa belle-sœur. Nabor épousa la sœur de son frère, et Amram épousa la sœur de son père. Nous voyons dans ce cas que la parenté n'est déterminée que par les femmes (2). Ces femmes, à cette époque, n'étaient point considérées comme parentes, quoiqu'elles l'aient été à une autre période de l'histoire. La coutume de faire épouser la veuve au frère du défunt, quand un homme meurt sans enfants, est un autre exemple que nous pouvons invoquer. Nous pouvons nous servir des enseignements contenus dans la touchante histoire de Ruth et de Booz, ainsi que dans la triste histoire de Tamar. Des considérations pareilles, comme M. Mac Lennan le montre dans son excellent livre, prouvent que les Romains n'étaient pas plus avancés à une certaine époque dans ce qui regarde l'ad-

(1) Burton, *Région des lacs d'Afrique*, p. 195.

(2) On peut rappeler ici, au moins à titre de curiosité, que chez les Romains il fut permis, au moins pendant un certain temps, d'épouser la fille de son frère, quoiqu'il eût toujours été défendu d'épouser la fille de sa sœur (Gaïus, *Instit.*, comm. I, § 62; Ulpien, *Fragm.*, tit. V, § 6). Gaïus (*loc. cit.*) dit que cet usage s'introduisit à l'exemple de l'empereur Claude, qui épousa Agrippine, fille de son frère. D'après Tacite (*Annales*, XII, 7) et Suétone (*Claude*, chap. XXVI), le sénat, pour légitimer le mariage de Claude, aurait décidé, en règle générale, que l'on pourrait toujours épouser la fille de son frère, principe qui passa ensuite dans les *Constitutions* des empereurs. Mais il ne paraît pas qu'aucun jurisconsulte ait jamais réclamé contre cette distinction, qui nous paraît aujourd'hui si bizarre; ce silence serait bien étonnant s'il y avait là une innovation qu'aucun précédent n'expliquait, et non, comme on peut très-bien le supposer, la résurrection d'une vieille coutume tombée en désuétude. La distinction entre la fille du frère et celle de la sœur fut abolie, au plus tard, en l'an 342 par une constitution des empereurs Constance et Constant. (Loi I[re], au Code théodosien, *De incestis nuptiis*, liv. III, tit. XII.) (*Note de la Directi-*

ministration de la justice que différentes races que l'histoire nous montre comme ignorant les procédés légaux, et disposés à compter, pour régler leurs disputes, sur la force des armes et les bons offices de leurs amis. En outre, quant à ce qui regarde le mariage, nous trouvons, chez les Grecs et les Romains, des habitudes qui nous ramènent aux temps où ces peuples civilisés n'étaient que de purs sauvages. Et même chez nous, nous voyons qu'un homme, aux yeux de la loi, n'a point de rapports de parenté avec ses enfants, à moins qu'ils ne soient nés en mariage. Il a des rapports avec ses propre rejetons, non par le sang, mais par son mariage avec la mère.

Si le mariage n'a point eu lieu, ils n'ont pas le droit de porter son nom, et s'il leur laisse quelques biens, l'État arrive et en réclame un dixième, comme dans le cas où on laisse de l'argent à des personnes étrangères.

Ainsi nous pouvons trouver dans les races arrivées à différents degrés de civilisation les différents degrés du traitement d'une femme, depuis les sauvages qui la considèrent comme un pur bétail jusqu'aux peuples civilisés qui pratiquent comme nous l'idée de mariage; et nous trouvons un clair témoignage que le changement graduel a été un progrès et non une dégradation. Les nations civilisées conservent longtemps des traces de leur ancienne barbarie, et chez les peuples barbares on ne trouve aucune trace d'ancienne chevalerie. Comme les veines indiquent la direction de la circulation, nous pouvons suivre le développement du respect progressif pour la femme, qui est un des plus nobles caractères de notre civilisation moderne.

Avant de quitter ce sujet intéressant, je peux ajouter que beaucoup de nations ont des traditions relatives à l'origine du mariage. Les Égyptiens l'attribuent à Nicus, les Chinois à Fo-hi, les Grecs à Cécrops, les Hindous à Svetaketu. Si l'idée de mariage était contemporaine de notre race; si le mariage avait toujours paru aussi naturel, je peux dire aussi nécessaire que maintenant, ces traditions n'auraient pas pu prendre naissance.

Dans les publications de l'*Institut de la science naturelle de la Nouvelle-Écosse* se trouve un mémoire intéressant de M. Haliburton sur l'*unité de la race humaine*, qu'il veut démontrer par l'universalité de certaines superstitions relatives à l'éternument. « Une fois établi », dit cet auteur, « qu'un grand nombre de coutumes arbitraires, qui ne peuvent être venues elles-mêmes naturellement à tous les hommes en même temps, ont été universellement observées, nous arrivons à la conclusion qu'elles sont des coutumes primitives qui découlent d'une source commune; et que si nous en avons hérité, elles doivent leur origine à une ère antérieure à la dispersion de l'espèce humaine. » Pour justifier une pareille conclusion, la coutume doit être évidemment arbitraire. La croyance que deux et deux font quatre, la division de l'année en douze mois, et de pareilles coïncidences ne prouvent rien; mais je doute beaucoup de l'existence, je ne dirai point universelle, mais même générale, d'une coutume qui ait le caractère d'être arbitraire. Le fait est que beaucoup de choses nous paraissent étranges et arbitraires, parce que nous vivons dans des conditions bien différentes de celles qui existaient alors qu'on les a inventées. Beaucoup de choses paraissent naturelles à un sauvage, qui nous semblent absurdes et inexplicables.

M. Haliburton met en avant, comme l'exemple le plus fort en faveur de sa thèse, l'habitude de dire : « Dieu vous bénisse », ou quelque expression analogue, quand une personne éternue Il montre que cette coutume, qui, je l'admets, nous paraît à première vue singulière et arbitraire, est ancienne et extrêmement étendue.

Elle est mentionnée par Homère, par Aristote, par Apulée, par Pline et par les rabbins juifs. Elle a été observée en Floride, à Taïti et dans les îles Tonga. M. Haliburton lui-même montre que cette règle n'est point arbitraire, et, par conséquent, elle ne tombe pas sous sa règle.

Une croyance dans les êtres invisibles est très-générale parmi les sauvages, et quoiqu'ils considèrent comme superflu de les faire intervenir pour rendre compte des événements heureux, ils attribuent à leur mauvais vouloir tous les événements malheureux. Beaucoup de sauvages regardent la maladie comme un cas de possession.

En cas de maladie, ils ne supposent point que les organes eux-mêmes soient affectés, mais qu'ils sont dévorés par un dieu. Aussi leurs médecins ne cherchent point à guérir les maladies, mais à chasser le démon. Quelques tribus ont un dieu distinct pour chaque maladie.

Les Australiens ne croient point à la mort naturelle. Quand un homme meurt, ils considèrent comme démontré qu'il est la victime d'un sortilége, et la seule chose qu'ils ont à faire est de rechercher le coupable. Un peuple dans cet état d'esprit, et nous voyons que toute race d'hommes a passé ou passe encore dans cette phase de développement, voyant un homme éternuer, suppose qu'il a été attaqué et surpris par un être invisible.

Rien n'est plus naturel que d'appeler au secours une divinité plus puissante que la première.

M. Haliburton admet qu'un éternument est pour le sauvage le présage d'un malheur qui va éclater; mais, en réalité, l'éternument est pour lui un fait plus grave. C'est un témoignage qui semble concluant pour le sauvage, car il prouve que l'*éternueur* est possédé par le mauvais esprit. Aussi cette coutume, sur laquelle M. Haliburton compte, n'est point une « *coutume arbitraire* », et ne remplit pas les conditions qu'il avait lui-même tracées. Il a en outre parlé incidemment de quelques autres circonstances, dont la plupart auraient l'inconvénient de trop bien prouver ce qu'il cherche à établir.

Ainsi il parle de l'existence d'un festin en l'honneur des morts célébré au commencement de novembre, ou à peu près à cette époque. Mais une telle fête est une habitude générale; et comme il y a plus de races d'hommes sur la terre que de mois dans l'année, il est clair qu'il faut bien que les fêtes funéraires de plusieurs peuples soient tombées ensemble. Mais ceci n'arrête pas M. Haliburton, qui continue son raisonnement et nous dit : « Les Espagnols furent très-naturellement surpris de voir qu'au moment même où ils célébraient une messe solennelle pour la « Toussaint », le 22 novembre, les païens du Pérou célébraient leur commémoration annuelle des morts. » Cette curieuse coïncidence ne prouverait pas seulement l'existence d'un festin des morts avant l'époque de la dispersion des hommes, événement que M. Haliburton considère évidemment comme un événement instantané. Cette circonstance prouverait encore, suivant notre auteur, que les hommes étaient déjà assez avancés pour faire un calendrier, et le conserver sans changement jusqu'à nos jours.

Ceci n'est point pourtant évidemment ce qui a pu se pro-

duire. M. Haliburton dit encore que l'on trouve en Écosse et dans l'Afrique équatoriale des croyances presque identiques sur l'existence des fantômes, qui sont très-gênants parfois, très-batailleurs, et que l'on peut quelquefois tuer avec une balle d'argent. Ce cas est, je le pense, très-intéressant, car il montre que des idées semblables dans des contrées lointaines doivent leur origine, non point à une « ère de fraternité universelle antérieure à la dispersion des hommes », mais à l'identité de l'esprit humain.

En effet, quoique je ne trouve point, dans la communauté de ces habitudes, une preuve qu'elles découlent d'une source commune ou sont nécessairement primitives, j'y vois un argument en faveur de l'unité de la race humaine. Mais cette unité n'est pas, qu'il me soit permis d'insister sur ce point, la même chose que la descendance d'un couple unique.

Pour conclure sur ce que je viens de dire, quoique je ne nie pas un seul instant qu'il y ait des cas dans lesquels les nations ont rétrogradé, je considère ces cas comme provenant de circonstances exceptionnelles. Les faits et les arguments que j'ai indiqués ici très-brièvement auraient pu être défendus par beaucoup d'autres exemples; cependant je pense qu'ils offrent déjà un terrain suffisamment solide pour formuler les conclusions suivantes :

« Les sauvages qui existent actuellement ne sont point les descendants d'ancêtres civilisés.

» La condition primitive de l'homme est celle d'une barbarie profonde.

» Enfin plusieurs races sont sorties elles-mêmes, sans être aidées, de cette condition primitive. »

Ces propositions ont été, je le pense, établies d'une façon scientifique, mais nous ne serons pas moins disposés sans doute à les adopter, à cause de l'avenir heureux qu'elles nous autorisent à entrevoir.

Si l'histoire ancienne de l'homme a été une série de dégradations, nous n'avons aucun droit pour attendre un progrès futur; mais, d'un autre côté, si le passé a été une série de progrès, nous pouvons penser qu'il en sera ainsi de l'avenir. Nous avons le droit d'espérer que les bienfaits de la civilisation ne se borneront point à s'étendre sur d'autres pays et sur d'autres nations, mais que même, dans notre propre patrie, ils seront plus généraux et plus égaux: de sorte que nous ne verrons pas toujours comme maintenant une multitude de concitoyens vivant de la vie de sauvages au milieu de notre civilisation, ne possédant ni les avantages rudes, mais réels, de cette vie vagabonde, ni les jouissances plus nobles et plus élevées de l'homme civilisé.

JOHN LUBBOCK.

— Traduit de l'anglais par W. DE FONVIELLE. —

ENSEIGNEMENT LIBRE A PARIS.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE.

M. GIRAUD-TEULON.

La Vision binoculaire (1).

VII. — EXPÉRIENCES PARADOXALES FAISANT ÉCHEC AU PRINCIPE GÉNÉRAL DE LA LOCALISATION BINOCULAIRE.

Les conclusions radicales qui terminent les paragraphes précédents seront, nous l'espérons, accueillies avec l'esprit qui les a dictées. En les formulant, nous sommes infiniment éloigné de toute velléité de critique dédaigneuse.

Un ensemble d'observations expérimentales assez difficiles à expliquer, et non un illogisme inadmissible dans de tels esprits, nous paraît la véritable cause de confusions regrettables.

Le point de départ de ces errements de la science doit être cherché dans un certain ordre d'expériences entrant toutes dans les termes que nous allons exposer, et dont le caractère justifiait de la part des partisans des anciennes doctrines, non pas un attachement sans mesure pour elles, mais en réalité une certaine hésitation à les abandonner.

Voici la principale et la plus concluante de ces expériences :

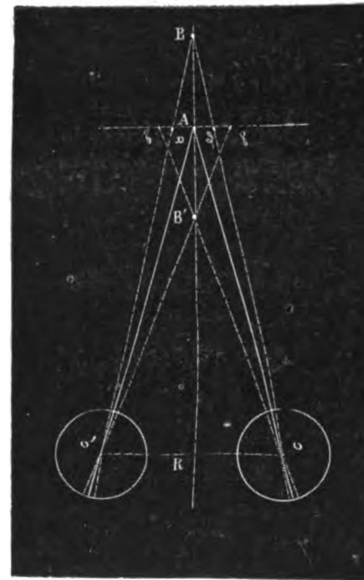


FIG. 87.

Soient o et o' les deux yeux dirigés simultanément sur A, point de mire vu simple comme on sait; soient B et B' deux points placés à la même hauteur que A, dans le plan horizontal commun des yeux, l'un en avant, l'autre en arrière de ce point, et tous trois sur la ligne médiane, à une certaine distance les uns des autres (trois épingles à quelque 5 à 10 centimètres l'une de l'autre, piquées sur une règle). Pendant que l'on fixe A avec quelque attention, on remarque que B, situé au delà, paraît un peu moins net et double (images homonymes α et β); en même temps B', situé en deçà, donne aussi deux images γ et δ croisées.

(1) Voyez le numéro précédent, page 222.

En rapportant cette expérience, M. Helmholtz ajoute avec raison qu'on la reproduit encore en déplaçant B′, par exemple, d'un côté du plan médian.

B′ se double encore, mais dans la même région droite ou gauche du champ visuel commun. La différence des angles qui séparent chacune des directions du point B′ de la ligne de visée correspondante doit être assez grande, c'est-à-dire le point B′ doit être assez distant de A pour que les deux images soient remarquées. D'autre part, pourtant, il ne faut pas que cette différence soit excessive; l'expérience ne réussit bien que dans des conditions moyennes.

Les mêmes observations peuvent se faire, si l'on y apporte quelque attention, dans la vision ordinaire. En voici un exemple emprunté à M. Helmholtz :

« Lorsque nous regardons un jardin à travers une fenêtre » fermée, portant notre attention sur le feuillage, le montant » du milieu de la fenêtre cache à l'œil droit une partie du » feuillage autre que celle qu'il dissimule à l'œil gauche. » Ainsi, lorsque nous promenons le regard sur les arbres, » nous voyons en deux endroits différents le montant masquer » le feuillage, d'une manière incomplète il est vrai. Ce mon- » tant, se présentant dans deux parties du champ visuel, nous » paraît par conséquent *double.* »

En confirmant une expérience que chacun peut en un instant vérifier, nous ferons cependant remarquer que, dans le cas cité par M. Helmholtz, il faut, pour constater cette image *double* du montant central de la fenêtre, que, tout en demeurant, par un effort de notre volonté, en convergence sur le feuillage, notre attention soit en partie distraite de son point de convergence, et recherche indirectement le montant. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

La production d'images doubles, dans les circonstances que nous venons de décrire, ou dans des conditions analogues, est devenue le seul argument invoqué avec quelque apparence de fondement en faveur de la doctrine de l'identité, ou plutôt de la presque identité.

Dans ces circonstances, en effet, les points qui donnent lieu aux phénomènes observés ne sont évidemment ni correspondants, ni presque correspondants; et c'est l'absence de cette qualité qui a été invoquée comme cause de la vision double.

Cependant, à vrai dire, comme les deux théories de l'identité et de la presque identité impliquent dans leurs propres définitions, ces faits paradoxaux ne peuvent être considérés que comme des difficultés proposées aux physiologistes, et non comme des arguments en faveur de doctrines reconnues inacceptables.

Cherchons donc à nous rendre compte, avec les données mêmes de la physiologie de la vision, de ces points en apparence inexplicables.

Commençons par l'expérience la plus frappante, celle des trois épingles de la figure 4.

Pourquoi, dans ces conditions, voit-on doublées les épingles B′ ou B quand on fixe A, et non B ou B′ dans leur vraie position (avec perception de la troisième dimension qui les sépare)?

Dans les actes de la vie de relation, dans l'estimation des rapports de position des corps qui peuplent l'espace avec le nôtre, nous partageons instinctivement et universellement l'espace offert à nos regards en deux parties séparées par le plan médian vertical passant par notre propre axe de figure et le point de mire choisi momentanément par nous dans l'espace. C'est la droite et la gauche.

Ce plan médian est représenté dans chaque œil par un plan vertical qui passe par le point de mire et le centre de l'œil; et par le fait de la fusion binoculaire en une impression simple, ces deux plans n'en font qu'un pour le sensorium.

Cependant, en réalité, ces deux plans ne se confondent pas. Ils ont une verticale commune (celle qui passe par le point de fixation); mais, géométriquement, ils font un angle dièdre dont l'écartement est mesuré par la distance mutuelle du centre des deux organes.

Dans l'acte qui procure la vision simple, cet espace, bande parallèle, lors du parallélisme des axes optiques, *formant* deux triangles opposés par le sommet lors de leur convergence, appartient donc, pour chaque œil, entre la verticale du point de fixation et l'observateur, aux deux régions latérales inverses (gauche et droite) du champ visuel commun. Son image se dessine dans les moitiés externes des rétines; elle est donc projetée, avec tout ce qui se trouve en elle, *à gauche par l'œil droit, à droite par l'œil gauche.*

Dès lors il est simple que la règle qui porte les épingles de l'expérience précédente donne, avec tout ce qu'elle porte, des images doubles croisées entre le point de fixation et l'observateur, des images doubles homonymes du point de fixation à l'infini.

Cependant, dans les conditions ordinaires de la vision associée, les corps répandus sur le sol, ou interposés entre nous et le point de fixation, ne paraissent point doubles. Ainsi que l'a très-bien exposé M. Helmholtz, leurs images sont doubles cependant; mais, ajoutons-nous, il faut une attention sérieuse, soutenue, pour reconnaître leur dualité.

D'où vient cette particularité?

D'après les propriétés dioptriques de l'œil, on sait que les images rétiniennes, pour une accommodation donnée, ne sont à peu près également nettes que dans un espace antéro-postérieur désigné par Czermak sous le nom de *ligne d'accommodation.* Or, si tout autour du point visé, et sur le rayon de la sphère comprenant ce point, cette condition est suffisamment remplie, il est loin d'en être de même à mesure que les corps s'éloignent du point de fixation en avant ou en arrière, mais surtout en avant. Les images dans ce dernier cas deviennent de moins en moins nettes et accusées.

On sait, en outre, qu'à mesure que l'on s'éloigne sur la surface rétinienne du point central de fixation, la sensibilité elle-même de la rétine diminue progressivement, et même avec assez de rapidité.

Enfin le point de fixation est mis en rapport avec le sensorium par *deux* images semblables, et les plus nettes de toutes.

Aussi, par tous ces motifs :

Le corps intermédiaire à l'observateur et au point de fixation, et qui fournit deux images croisées comme B′, dès qu'il est à une certaine distance du point de mire, ne produit-il guère qu'une impression d'avertissement et de vague localisation. Il faut déployer une grande attention pour reconnaître ses doubles images, et celles-ci sont relativement si faibles, que, dans cet examen, on s'aperçoit, si l'une d'elles cache le corps visé, qu'on voit ce dernier au travers de cette image translucide.

On ne peut donc s'attendre à voir une lutte s'établir que dans la région voisine de la région centrale pour laquelle la différence de netteté des impressions est la plus faible.

… justement dans cette région, à moins d'avoir un très-… volume, les corps qui pourraient produire de doubles images se recouvrent les uns les autres. Les corps de la nature ne sont pas de verre, comme on dit vulgairement, ils ont pour propriété générale l'impénétrabilité à la lumière.

Le plus antérieur d'entre eux, à moins d'un déplacement de l'observateur, devient alors forcément le point de mire.

Aussi, pour la réussite de l'expérience invoquée, a-t-on soin de réunir toutes les conditions propres à faciliter la lutte d'influence des images. On prend des corps minces et déliés, et on les place à des distances telles qu'ils ne se puissent recouvrir les uns les autres, tout en les laissant assez rapprochés pour fournir des images d'effet comparable.

Enfin on les fait se détacher sur un fond uniformément éclairé faisant contraste, et on les isole de la surface générale du champ visuel, de façon à éviter la présence de tout point de repère pour l'observateur.

Mais si l'on ne prend pas toutes ces précautions; si, dans la vision naturelle, associée, l'objet que l'on cherche à voir double dans le triangle médian est assez éloigné, en haut ou en bas et en avant, du *point de fixation*, la notion de droite et de gauche s'efface, et le sensorium ne perçoit plus qu'une seule impression, qui jouit, à part son peu de netteté, des qualités (troisième dimension et position apparente) de la vision binoculaire.

Le cas où les deux images du point doublé tombent toutes deux dans la même moitié droite ou gauche du champ visuel commun, et y produisent une perception double, ne sont pas plus difficiles à expliquer.

Dans l'acte de la vision associée, il ne suffit pas que deux images analogues se rencontrent dans les deux yeux, sur des régions rétiniennes voisines, pour qu'elles se fusionnent en une seule sensation ; il faut encore que, pour le sensorium il y ait conscience de l'*unité de l'objet*, non-seulement comme figure, comme *apparence*, mais *comme position*. Or, comment se *procurer la* notion de cette unité?

Par le mécanisme même qui est l'essence de la coalescence binoculaire.

Lors de l'exercice régulier de la vision associée, il y a, pour chaque état de la convergence des axes optiques, un rapport précis qui s'établit entre l'observateur et la région générale des images suffisamment nettes.

La distance du point de fixation, centre de cette région, est fournie à l'observateur par deux éléments ; la convergence des axes optiques est le principal, mais non point le seul de ces éléments, comme on a pu le penser. Il y faut joindre la notion ou la conscience de l'étendue continue qui sépare l'observateur du champ visuel et de tous les accidents successifs qu'elle peut offrir.

Expliquons-nous :

Ce champ visuel que l'on a devant soi n'est pas, comme on a l'habitude de le traiter dans la discussion, un simple tableau suspendu devant les yeux, à une distance quelconque dont on n'a point notion : ce champ visuel-là, c'est celui qu'on nous présente dans les panoramas, et l'on sait, de reste, les illusions qu'il procure.

Le champ visuel physiologique n'est donc point celui des panoramas, il n'est point indépendant de nous : il se rattache à l'observateur par la circonférence qui sépare le monde objectif visible du monde inaperçu, circonférence que la périphérie de notre rétine, projetée au dehors suivant les lignes de direction, dessine entre ces deux mondes. De cette circonférence font partie nos propres points d'appui sur le sol ; c'est par elle que nos sens et nos agents de toucher et de locomotion sont mis en rapport avec le sens visuel; c'est par la notion de la continuité des images (ou sensations) entre elles et le point de fixation, que ce rapport est complété au moyen des lignes de direction visuelle.

Analysons de plus près le mécanisme du phénomène.

« Supposons les deux yeux fixés sur un même point de l'horizon, le ciel à teinte bleue uniforme formant le fond et un » clocher servant de point de mire.

» Chaque rétine, ayant en son centre la pointe renversée » du clocher, forme un tableau qui représente tout l'espace » antérieur avec son fond uniforme et l'image des objets di» vers qui s'en détachent. La moitié droite de l'une reproduit » les mêmes points que la moitié droite de l'autre, et réci» proquement pour les moitiés gauches.

» Imaginons un deuxième objet à une distance quelconque » du clocher, et à gauche, pour fixer les idées, l'arête vive » d'un mur par exemple. Ce pan de mur se dessine sur la » moitié droite de chaque rétine par une brusque interrup» tion de la teinte grise ou bleue du fond. Chaque œil porte » donc au sensorium le sentiment d'une surface parfaitement » *une* entre le clocher et le mur, et rapporte forcément l'in» terruption qui la limite au même point de l'espace, comme » à un corps unique. La similitude, l'identité presque de l'in» terruption ne laissent en cette circonstance aucun doute au » sensorium. La rupture de la continuité apparaît en chaque » œil comme déterminée par une seule et même circon» stance : l'interposition d'*un* corps cause d'effets iden» tiques (1). »

C'est là, si nous ne nous trompons, ce qu'a voulu exprimer M. Panum sous le chef d'*influence des contours*.

Pour qu'un objet paraisse simple dans une partie quelconque du champ visuel, il faut donc deux conditions : 1° la similitude de ses deux images dans les deux yeux; 2° la notion de son unité résultant de son apparition, avec identité de rapports dans l'œil droit et le gauche dans la perspective commune; enfin, la convergence congruente des axes optiques.

Lorsque, dans l'expérience ci-dessus, apparaissent du même côté du point de mire deux images pareilles, mais assez différemment distantes à droite et à gauche du point de mire, pour offrir avec le fond commun des différences notables de rapports, il n'est donc pas surprenant que la notion de l'unité de l'objet ne s'impose point au sensorium et que les deux images de l'épingle B′ demeurent séparées. Mais on conviendra qu'on s'est écarté, dans cette circonstance, des conditions physiologiques ou de la vision associée naturelle.

C'est, croyons-nous, la même idée qu'a voulu rendre M. Helmholtz dans la conclusion suivante :

« Ainsi nous voyons en général doubles les objets qui, dans » les deux champs visuels, possèdent, par rapport au point du » regard, *des positions apparentes suffisamment différentes pour* » *que cette différence puisse être appréciée.* Nous voyons sim» ples, au contraire, les objets qui ont, dans le champ visuel, » la même position *apparente* par rapport au point de fixa« tion. » (*Optique physiologique.*)

(1) *Physiologie et pathologie fonctionnelle de la vision binoculaire*, 1861, p. 210.

VIII. — Rôle et influence de la convergence des axes optiques dans la vision binoculaire. — Opinion de M. Helmholtz.

La théorie des points identiques étant achevée, la doctrine de la presque identité éconduite au même titre, la science reste en présence d'un desideratum considérable : une explication plausible du mécanisme des phénomènes qui constituent l'acte de la vision simple et en relief avec deux yeux.

Voici comment ce mécanisme est envisagé dans son ensemble par l'illustre auteur de l'*Optique physiologique*. A la dernière réunion du congrès international d'ophthalmologie, M. Helmholtz a résumé ainsi qu'il suit les principaux aspects de son opinion sur cette délicate question. Nous reproduisons ses propres paroles :

« On admet généralement que l'unité de la vision binoculaire se fonde sur une correspondance primitive et exclusive, sinon de tous les points, deux à deux, des rétines, au moins sur la correspondance des fossettes centrales.

» Un premier fait cependant d'observation commune semble s'élever contre cette proposition. La correspondance du point central entre un œil et l'autre peut être changée dans le strabisme (1).

» Une seconde proposition généralement admise aussi est que nous obtenons une notion exacte de la position d'un objet dans l'espace par la sensation exacte de la position de nos yeux.

» Or, on peut démontrer que nous n'avons point la sensation exacte de cette position ni même de la tension musculaire qui la détermine, mais seulement du degré de l'innervation nécessaire à la production du mouvement. Aussi chaque circonstance qui vient à modifier les rapports existant entre la position ou la distance d'un objet et le quantum d'innervation qui lui correspondrait dans les circonstances habituelles, devient-elle une cause d'erreur ou d'illusion sur la véritable position de l'œil, et conséquemment sur celle de l'objet. La condition la plus fréquente de semblables aberrations se rencontre dans la fatigue des muscles. Or, dans l'acte de la vision binoculaire, le muscle droit interne est soumis à de tout autres relations que les autres muscles. Dans les mouvements associés des deux yeux se portant vers la droite ou vers la gauche, en haut ou en bas, il n'y a pas ordinairement une fatigue inégale des muscles droits externes et internes, ou des muscles droits supérieurs et inférieurs, parce que l'œil est dirigé tantôt à droite, tantôt à gauche, tantôt en haut, tantôt en bas, et parce que nous choisissons involontairement une telle position de la tête, qu'aucun de ces muscles ne soit sacrifié au profit des autres.

» Dans les mouvements de convergence mutuelle des deux yeux, il n'en est plus ainsi : la fatigue éprouvée par le droit interne est sans balancement. C'est pour cela que la perception du degré de convergence est soumise à des erreurs relativement grandes. Si donc un artifice quelconque offre aux deux yeux des images virtuelles d'un même objet, mais dans une direction inexacte, leur fusion par les fossettes centrales pourra avoir lieu presque aussi bien que si les deux images étaient vues avec le degré de convergence qui correspondrait à la vue de l'objet réel. Et j'ai trouvé, par des expériences dont je donnerai la description plus bas, que si, d'une part, le degré d'innervation des muscles droits internes est un des éléments les plus importants d'appréciation de la convergence, il n'est cependant ni le seul ni le plus important, comme nous allons le faire voir.

» Dans cet ordre d'idées, en effet, les uns ont attribué trop de part à la convergence ; d'autres, au contraire, ne lui ont pas accordé assez d'influence.

» Expliquons-nous à cet égard.

» En quoi, par exemple, consiste le sentiment de relief ou de profondeur?

» Assurément, en beaucoup de cas, dans une appréciation quelconque de la convergence. Quand nous regardons au loin, les deux axes oculaires dans le parallélisme, il n'existe pas pour nous de relief géométrique ou de notion réelle de la profondeur, c'est-à-dire de distance relative entre les différents objets situés à l'horizon. Nos jugements, à cet égard, ne reposent point sur la géométrie à trois dimensions, ils se fondent sur d'autres éléments : la perspective aérienne, la quantité de lumière, l'habitude, les notions antérieures, etc. Quant à la géométrie à trois dimensions, celle-ci ne manifeste son influence que pour des positions des objets plus ou moins rapprochées, et alors elle se lie à l'inégalité des images rétiniennes et à la convergence des axes optiques. On sait, en effet, que dans la vision binoculaire d'un objet situé à une distance finie, les deux images rétiniennes, quoique semblables, ne sont pas rigoureusement égales. Pour les deux yeux, comme on le dit, les parallaxes des deux mêmes points de l'objet ne sont pas identiques.

» Passons maintenant au relief artificiel, aux phénomènes stéréoscopiques.

» Que fait la stéréoscopie? Elle présente aux deux yeux des images semblables sous des degrés déterminés de convergence, en ayant soin de donner, dans les images de droite, et de gauche, aux distances mutuelles des points correspondants, des différences de parallaxe en rapport avec la convergence sous laquelle elles seront vues.

» On sait qu'on peut obtenir la fusion de deux photographies stéréoscopiques à des degrés de convergence très-variables, et même à un degré modéré de divergence des lignes visuelles.

(1) A l'appui de cette opinion, que nombre de faits légitiment, nous pouvons citer l'observation suivante, qui n'est pas sans contenir un enseignement très-positif :

En décembre 1864, Emma Thévenin, âgée de cinq ans, est amenée à notre clinique par sa mère, demeurant rue Nollet, n° 63. Cette enfant, d'une intelligence aussi éveillée qu'elle peut l'être à cet âge, présente un strabisme convergent *concomitant* type de l'œil gauche, de deux lignes environ. Mobilité entière ou presque entière dans les deux sens.

Avant de répondre aux questions qui nous sont posées sur l'opportunité d'une opération, nous soumettons l'enfant aux épreuves fonctionnelles de rigueur. Nous lui présentons, dans le plan médian, un crayon d'ivoire, à six pouces de distance, en appelant sur cet objet toute son attention. Nous voilons alors l'œil sain ; *l'œil gauche ne se redresse pas*. Et, à notre surprise, l'enfant déclare voir toujours suffisamment bien l'objet. On lui fait alors vivement porter le doigt sur lui : il n'y a pas l'ombre d'hésitation, ni d'erreur sur la position. La vision s'exerce à gauche par un axe secondaire avec une précision absolument comparable à celle de l'œil droit (lequel naturellement ne s'est pas dévié quand on l'a couvert). En un mot, la vision binoculaire précise s'opère chez ce sujet sur deux axes associés : l'un principal, ou polaire, à droite ; l'autre secondaire, à gauche.

Nous examinons alors l'enfant à l'ophthalmoscope, et nous trouvons dans l'œil dévié une altération considérable de la *macula lutea*, produite par une vascularisation anormale de la rétine en ce point, avec exsudations rétiniennes et thrombus de plusieurs vaisseaux.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que nous avons cru devoir respecter ce strabisme, qui se trouvait par le fait constituer une vision associée relativement régulièr

mais que la forme apparente de l'objet se modifie nécessairement d'une manière correspondante. S'il y a divergence des yeux, aucun objet réel ne pourrait correspondre rigoureusement aux images qu'on voit; mais, malgré cela, on croit voir un objet apparent simple.

» Si l'on diminue la distance mutuelle de deux photographies stéréoscopiques, on voit l'objet apparent se rapprocher de l'observateur et s'aplatir; on le voit alors comme représenté en bas-relief. Si l'on augmente la distance des photographies, l'objet semble s'éloigner de l'observateur, et il prend un relief plus haut. J'ai trouvé réellement que les règles géométriques que les artistes appliquent en construisant un bas-relief sont absolument les mêmes que si l'on voulait construire un objet qui donnât les mêmes images visuelles aux deux yeux, comme original, mais à un moindre degré de convergence. C'est pour cela que ces représentations artificielles en bas-relief donnent une impression beaucoup plus vive et naturelle que les tableaux plans. Ce ne sont pas seulement les ouvrages de sculpture, mais aussi les constructions architecturales dans les portails des églises gothiques, les décors de théâtre, qui sont ainsi construits en relief raccourci.

» Jusqu'ici on n'a regardé, dans la théorie de la vue stéréoscopique, que les différences de la projection horizontale (1) des points de l'objet; mais il y a aussi à considérer les différences dans le sens vertical. Un objet vertical, qui est plus voisin de l'œil droit que du gauche, apparaît plus long au second qu'au premier. Eh bien! j'ai trouvé que ces différences verticales qu'on a négligées jusqu'ici ont souvent une grande influence sur la forme et la grandeur apparente de l'objet. On peut poser la règle, que deux dessins stéréoscopiques, combinés binoculairement à un degré de convergence quelconque, produisent l'apparition d'un objet tel qu'il devrait exister pour donner les mêmes images visuelles avec les mêmes différences horizontales et verticales, quoique la convergence pour cet objet apparent dût être très-différente de la convergence actuelle.

» Dans la plupart des cas, les deux images rétiniennes d'un seul objet ne peuvent plus être considérées comme deux projections exactes d'un même objet corporel, si l'on change le degré de convergence des yeux, sans changer la forme et la position des deux images sur les deux rétines. Car, pour qu'elles soient les images d'un même objet, il faut que les lignes visuelles qui joignent une paire de points correspondants des deux images avec le point nodal de l'œil correspondant se coupent, en avant des yeux, en un point qui est alors le lieu du point lumineux réel. Si les deux images rétiniennes sont produites en regardant deux tableaux stéréoscopiques, il suit de ce que nous avons dit que les deux images ne peuvent être celles d'un même objet que sous la supposition d'un certain degré déterminé de convergence.

» Voyons maintenant ce qui arrive si le degré actuel de convergence des yeux est modifié.

» J'ai l'honneur de mettre ici sous vos yeux des dessins stéréoscopiques représentant des surfaces peintes en blanc et en noir comme un échiquier. Une première paire de ces dessins est la projection d'un échiquier plan vu de près; une seconde paire, au contraire, est la projection d'une surface semblable, mais cylindrique-convexe et vue de loin. Si l'on compare les positions des lignes verticales entre les carreaux blancs et noirs, on trouve qu'elles sont absolument les mêmes dans les deux parties des dessins. Ce ne sont que les lignes horizontales ou presque horizontales qui sont différentes. Les deux paires de dessins regardées sous le même degré de convergence produisent néanmoins des impressions tout à fait différentes : la première, d'une surface plane; la deuxième, d'une surface convexe.

» Si la perception des différences horizontales des deux images produisait immédiatement, par un mécanisme anatomique préformé, la notion de la profondeur, comme il a été supposé dans la théorie de MM. Panum et Hering, on voit qu'il faudrait voir dans les deux cas la même surface cylindrique et les lignes horizontales de la première paire de tableaux en images doubles. Mais le résultat de l'expérience est tout à fait en opposition avec cette théorie.

» Ce résultat s'explique, au contraire, très-simplement, si nous partons de l'hypothèse que l'appréciation de la distance et de la forme des objets que nous voyons ne dépend que du souvenir de cas semblables, où des objets réels nous ont donné les mêmes impressions visuelles, et que la sensation musculaire de la convergence est trop inexacte pour qu'elle puisse troubler sensiblement le jugement, se basant sur la comparaison des deux images rétiniennes. Nous croyons toujours voir un objet tel qu'il devrait exister pour donner, à un degré de convergence déterminé, les mêmes images rétiniennes que nous voyons actuellement.

» J'ai décrit, dans mon *Manuel d'optique physiologique*, un certain nombre d'expériences ayant la même portée, et j'ai donné l'explication de quelques observations de MM. Hering et Recklinghausen, qui part du même principe, c'est-à-dire que la sensation de convergence est inexacte, et que souvent l'interprétation mentale des perceptions visuelles se fait en supposant un autre degré de convergence mieux en harmonie avec la nature des images rétiniennes.

» Les expériences que je vous ai décrites me semblent être intéressantes sous ce rapport, qu'elles montrent que l'*appréciation de la forme d'un objet visuel dépend de l'ensemble des différentes impressions qu'il produit*, et parce que je crois que ce phénomène ne peut pas être expliqué par aucune supposition d'une fusion anatomique des deux images rétiniennes. » (Helmholtz, *Congrès international d'ophthalmologie*, 1867.)

IX. — Conclusion.

Après cet exposé de la dernière formule, et la plus élevée comme origine, que nous apporte la savante Allemagne sur le mécanisme de la vision simple et avec relief produite par l'association binoculaire, il nous sera permis peut-être de reproduire les propres conclusions que nous crûmes pouvoir tirer, dès 1861, de l'analyse de ces mêmes questions, au flambeau de la découverte de Wheatstone.

(1) Nous prendrons la liberté de réclamer pour notre propre compte contre cette assertion trop générale. Si l'on veut se reporter à la citation reproduite par nous quelques pages plus haut, on reconnaîtra que, dès 1861, analysant les conditions géométriques de la vision binoculaire, nous disions :

« Et ces différences (de parallaxe) se retrouvent en même proportion dans les *angles sous lesquels sont vus*, à droite et à gauche, *deux points* quelconques non symétriquement placés par rapport au plan vertical intermédiaire aux deux yeux; ce qui implique les composantes verticales aussi bien que les composantes horizontales de ces parallaxes. » (*Vision binoculaire*, p. 614, 615.)

Les développements qui précèdent nous semblent pouvoir être revendiqués par nous comme un témoignage, à posteriori, en faveur de nos propres conclusions.

Lorsque le regard ou l'attention se portent sur un point du champ visuel, ce point, objet de l'attention, peint son image au pôle de chaque rétine (fossette centrale), et tout autour de lui se dessine renversé le tableau du champ visuel. C'est dire qu'en ce même moment les axes optiques sont en convergence exacte sur le point de mire, et les deux tableaux rétiniens se fondent en une seule perception pour le sensorium, comme le font les deux images du point de mire lui-même.

Nous avons surabondamment répété, d'ailleurs, que cette coalescence instantanée faisait naître avec elle la notion de l'*unité* du champ visuel, et en outre celle de la profondeur ou de la troisième dimension.

Une autre donnée encore est fournie au sensorium dans cette opération complexe : celle de la distance, ou plutôt de la position relative du point de mire, — et subsidiairement des autres objets du champ visuel.

En géométrie, un point dans un plan est déterminé si l'on connaît deux droites sur lesquelles il se trouve à la fois. L'esprit est frappé de la concordance que présente, avec la loi géométrique, la disposition des deux axes optiques sur chacun desquels doit se trouver le point de mire, et l'on conclut naturellement, développant l'idée de Malebranche, que la notion du degré de convergence des axes optiques emporte avec elle la notion de la position même du point de mire relativement à l'observateur. L'exactitude constante des actes de la vie de relation témoigne en faveur de la justesse de cette conclusion, *au point de vue physiologique*.

Cette conclusion pèche cependant en un point : les faits rapportés plus haut par M. Helmholtz montrent que cette notion est moins absolue que ne l'établirait la proposition précédente ; qu'elle peut être troublée artificiellement ou pathologiquement par de nombreuses causes d'illusion.

L'opinion qui s'arrêterait au rôle absolu de la convergence, mesurée exclusivement par la conscience musculaire, méconnaîtrait une des données du problème.

L'assimilation de l'acte binoculaire à l'opération géodésique du théodolite suppose un second élément connu dans la question : la *base du triangle*, dont le théodolite relève les angles.

Or, dans les circonstances particulières citées par M. Helmholtz, comme l'intervention d'un prisme, d'un verre de lunette, d'un acte spontané musculaire anormal, la notion du rapport de grandeur de la *base* (distance mutuelle des yeux) avec les éléments du monde tangible est ou peut être altérée. La vue n'est pas une abstraction, c'est une instrumentation qui, comme tout instrument, a un point d'appui, une relation déterminée avec le monde extérieur. Ces relations, ce sont notre appui sur le sol et la notion que nous en avons au double égard du toucher et de la vue, qui forcément doivent se marier ici. C'est le point commun des deux sens, qui distinguent *objectivement* le *moi* du *non-moi*. Notre base sur le sol nous est révélée, d'une part, par le toucher; de l'autre, elle l'est aussi par cette circonstance, qu'elle fait partie, ainsi que nous le disions plus haut, de la frontière du monde visible, intersection commune du champ visuel extérieur avec la surface de projection de la périphérie de nos rétines.

La distance de nos deux yeux a donc une existence réelle dans le sens du toucher et à la fois dans celui de la vue, tout comme la distance de nos deux cavités glénoïdes a son rapport exact avec la situation de nos pieds sur le sol dans les actes si multipliés et si rapides du mécanisme de la vie de relation.

Pour écrire une formule complète sur le rôle physiologique de la convergence des axes optiques, il faut donc bien se garder de l'isoler des autres facteurs associés à eux dans l'acte de la vision binoculaire. Ils ne font pas tout à eux seuls, et les indications qu'ils apportent ne sont exactes que dans leurs combinaisons régulières avec les autres éléments physiologiques qui leur servent de base.

Il est assurément aisé de fausser les enseignements apportés par les axes optiques sur le degré réel de leur convergence, et par suite sur la position réelle des objets. Au moyen des prismes, des stéréoscopes par réflexion, par la pseudoscopie, dans certains états parétiques ou au contraire spasmodiques des muscles, on voit se produire ces erreurs de jugement.

Mais, dans toutes ces circonstances, il existe une dissociation fortuite ou préparée entre les axes optiques et l'ensemble des points de repère fournis par la continuité de l'espace visible qui, physiologiquement, rattache au point de mire les frontières communes de l'espace tangible et à la sensibilité visuelle.

Mais quand on ne s'écarte point des conditions de la physiologie réelle, quand on ne s'ingénie point à abuser ses sens, les deux yeux étant en convergence exacte sur le point de fixation, les deux tableaux semblables se fusionnent entre eux, comme le font leurs centres, instantanément; et, en outre, une notion nette et géodésique est conçue de la position du point de fixation relativement à l'observateur.

Ce n'est pas tout.

Au moment de cette coalescence instantanée en une seule perception des deux tableaux, *et sans mouvement aucun des yeux*, chaque objet du champ visuel, chaque point de tout objet, dans le cercle des impressions très-nettes, est vu à sa *vraie place dans l'espace*.

Qu'est-ce à dire?

Sinon que de même que l'entrecroisement des deux axes optiques principaux, uni sans doute à toutes les autres sources de renseignements, porte au sensorium une notion exacte de la position relative dans l'espace du point de fixation, « de » même, et simultanément, le sensorium *localise*, en fait, » chaque point visible de l'espace *à l'entrecroisement* même » des deux lignes de direction visuelle qui lui correspondent » dans chaque œil. »

C'est en ce sens que nous avons pu dire « que les axes secondaires des yeux jouent, à la perfection près, dans l'exercice de la vision binoculaire, exactement le même rôle que » les axes optiques ou polaires, et jouissent de la même propriété de procurer au sensorium la notion du lieu de leur » entrecroisement. » (*Physiologie de la vision binoculaire*, p. 123.)

En formulant un fait aussi incontestable, indépendant de toute idée théorique; en représentant par des termes géométriques ce qui se passe, ce que l'on observe, ce que l'on constate purement et simplement dans la vision physiologique, nous ne nous croyions pas coupable d'une témérité méritant la férule.

Aussi avons-nous été surpris de lire dans la dernière publication de M. Donders sur ce sujet : « L'opinion, en admettant qu'elle eût des partisans, que les points vus indirectement apparaissent là où les lignes de direction des deux images

...iennes se croisent, semblait à peine mériter d'être ...(1). »

...cela n'est pas une opinion, c'est la formule d'un fait ; ...moment où M. Donders plongeait sa plume dans l'en...pour écrire son blâme, les axes secondaires de ses yeux ...recroisaient deux à deux sur les bords de l'ouverture, ...nt que le bec de sa plume se trouvait au centre de ...ouverture, à l'entrecroisement des axes principaux; et ...sorium avait une conscience exacte des positions rela... du bec de sa plume et des bords plus ou moins acci...tés de l'entrée de l'écritoire.

...touchons ici aux limites de l'analysable et du connu. ...ent, par quelle propriété, par quel mécanisme ces ...secondaires sont-ils investis d'une telle faculté? Nous ...ions nous borner à dire qu'il n'y a rien de surpre... qu'un bâtonnet quelconque de la rétine jouisse de la ...faculté que le cône ou le bâtonnet du centre. Les deux ...nets du point de mire fixent bien la position du point ...re en fusionnant en une les deux images; nous ne ...rien d'exorbitant à ce que, *par rapport* à ce point cen... vu unique, d'autres bâtonnets sollicités, *dans des condi...pareilles*, par deux images d'un même objet, fusionnent ...ages comme les axes principaux à l'entrecroisement de ...direction, c'est-à-dire au lieu même de l'objet.

...y a plus, l'histoire du strabisme (2) nous montre de ces ...ples de fusion, avec toutes ses qualités, entre un axe ...ndaire et l'axe principal de l'autre côté.

...us pourrions nous en tenir là; cependant, s'il est impos... de dire *pourquoi* deux images se fusionnent pour fournir ...perception unique, arcane supérieur, il ne nous est pas ...rdit de pénétrer un peu plus avant dans le mécanisme, et ...chercher à expliquer *comment* c'est tel axe secondaire d'un ..., et non tel autre, qui fusionne son impression avec tel ...re de l'autre œil. Nous n'avons pour cela qu'à rappeler les ...opositions émises par nous dans notre *Traité de la vision binoculaire :*

« Le champ visuel, origine des images rétiniennes, avons-...s dit, est *un*; quoique, dans leurs détails parallactique...ent dissemblables, les deux images rétiniennes représen...t, en définitive, le même tableau. C'est là la première ...on d'être de la coalescence ultérieure. L'entière simili... est le point de départ de l'idée d'unité. »

...r, si les deux tableaux rétiniens ne réveillent qu'une per...tion, ce qu'on dit de leur ensemble est vrai pour chacune ... leurs parties. Ainsi, dans l'exemple cité plus haut, du clo... point de mire et d'un mur à une certaine distance, il y ...ité de notion pour le mur comme pour le clocher.

...r, au moment même de la coalescence, le mur et le clo...r apparaissent à des distances différentes; il se manifeste ...re leurs positions une profondeur, et elle se manifeste ...antanément.

Sur la notion d'unité est donc entée la notion géométrique ... la troisième dimension de l'espace.

Frappé de cette association indissoluble, nous nous expli...ons en 1861 cette propriété remarquable comme il suit :

« Si dans l'observation qui précède (l'exemple du mur et ... clocher), l'impression et le sentiment, la notion perçue ...t les mêmes; si le point réel qui les détermine est le même pour les deux yeux, la direction visuelle n'est pas la même pour les deux organes; la parallaxe de l'espace compris entre le pan de mur et le clocher n'est pas la même pour chaque œil : ce qui revient à dire que l'axe optique étant fixé de part et d'autre sur le clocher, l'arête vive du mur ne se dessine pas, dans les deux rétines, sur des points homologues, les portions de surfaces rétiniennes correspondant, à droite et à gauche, à la même étendue du fond commun vu, ne sont pas de dimensions absolument égales.

» Mais d'où conclurions-nous qu'il en doit être autrement, et que les rétines, pour conduire à l'unité d'un objet d'une dimension donnée, binoculairement vu, dussent offrir deux images de cette surface identiquement égales? Les rétines ne jugent pas les images, elles *voient* les objets et jugent de leur direction par leur principe inné des directions visuelles. La direction et l'extériorité, voilà les seules propriétés physiologiques incontestables (1). »

L'élément rétinien qui, à droite, correspond à l'arête vive du mur révèle ou accuse au sensorium, par le fait de sa propre situation, eu égard au pôle de l'œil, la direction même dans laquelle est situé cet objet par rapport à l'axe optique.

Telle est la propriété fondamentale de la réaction rétinienne (direction, extériorité). Un renseignement semblable est porté au sensorium par l'élément de la rétine gauche en rapport avec le même point extérieur; de sorte que le sensorium est averti de la position de l'arête du mur sur une certaine direction par rapport au pôle de l'œil droit, et sur une autre certaine direction par rapport à l'autre œil.

Or, l'expérience nous apprend qu'au même instant le sensorium *voit* le point extérieur *un*, et *au lieu même* qu'il occupe dans l'espace, c'est-à-dire à l'entrecroisement même des deux directions visuelles. Nous étions donc bien autorisé à établir en 1861, sur l'analyse du fait de Wheatstone (*Stéréoscopie et pseudoscopie*, fig. 1 et 2), « que chaque point de l'es» pace est *vu* à l'entrecroisement même des axes secondaires » qui lui correspondent; *qu'en fait*, les axes secondaires » jouent, à la perfection près, par rapport au point visible qui » peint sur leur direction leur image, le rôle même dévolu » aux axes polaires à l'endroit du point de fixation. »

Toute la géodésie de la vision binoculaire est implicitement comprise dans cette proposition; et, sans nous fourvoyer dans les recherches des causes premières, finales ou supérieures, nous étions bien autorisé à conclure que, dans l'exercice de la vision associée, chaque point de l'espace est vu non-seulement dans la direction réelle, mais au lieu même où il est, c'est-à-dire à l'entrecroisement de deux directions visuelles; et, ajoutions-nous, pour donner au sensorium cette notion, les yeux jouent le rôle de deux cercles répétiteurs intelligents faisant connaître des directions comme le théodolite relève des angles.

On remarquera que, dans tout le cours de cette analyse, nous nous sommes tenu exactement renfermé dans les limites de la question géométrique ou géodésique. Nous avons absolument laissé de côté les considérations de couleurs et les éléments fournis par l'éducation, l'habitude ou les notions acquises. Ce n'est pas que nous prenions ces dernières comme non avenues dans l'accomplissement de la fonction. Les ex-

(1) *Annales d'oculistique*, août 1867, p. 33.
(2) Voyez l'exemple rapporté plus haut.

(1) *Vision binoculaire*, p. 211.

périences pseudoscopiques ne nous permettraient pas de former cette opinion. Dans l'acte fonctionnel complet, il est clair, au contraire, que ces éléments jouent un rôle important.

Mais l'esprit humain, le nôtre du moins, ne sait point embrasser dans un seul aperçu tant d'aspects complexes; il procède par dichotomie. La vision associée physiologique repose, — entre autres, — sur une formule géodésique parfaite, éclairée, dirigée ultérieurement par les éléments que nous venons de dire, et qui exercent une grande influence, par exemple, dans la notion de l'unité des corps. Pour procéder du simple au composé, nous nous sommes donc attaché d'abord à poser les termes et à élucider le mécanisme de la fonction géodésique binoculaire, base de toute étude ultérieure plus complète, et qui donne en définitive la clef de tout le système.

Post-scriptum.

Le numéro d'avril 1867 des *Proceedings of the Royal Society* contient, sous le titre : *Un fait nouveau concernant la vision binoculaire*, la description d'une intéressante et facile expérience due à l'ingénieux et fertile esprit de M. Claudet.

Cette expérience est une simple application du mécanisme d'un très-ancien jouet d'enfant, connu sous le nom de *thaumatrope*. Une carte de visite est tenue horizontalement au moyen de deux fils dont la direction passe par son grand axe, et porte sur ses deux faces une des moitiés des lettres composant un même nom. Le nom de la reine, par exemple, choisi par le loyal auteur, y figure ainsi :

les lettres V C O I sont sur une des faces;
les lettres I T R A sur la face opposée.

Le jeu consiste à faire tourner rapidement la carte sur son axe au moyen des fils auxquels elle est suspendue. Eu égard à la durée de la persistance des impressions sur la rétine (un huitième de seconde) et au nombre relativement grand de révolutions qu'on peut faire exécuter à la carte dans l'unité de temps (une seconde), l'observateur voit constamment le nom complet VICTORIA sous ses yeux.

M. Claudet a varié cette expérience comme il suit : Il attache ses fils aux deux extrémités de la carte, de façon que l'axe de rotation, au lieu de passer *dans* le corps de la carte, passe par l'une ou l'autre de ses surfaces. De la sorte, l'axe de rotation est dans le plan des lettres V C O I, par exemple, qui tournent exactement sur elles-mêmes, pendant que les complémentaires I T R A exécutent autour de l'axe de rotation une révolution dont le rayon est l'épaisseur même de la carte.

Cette modification légère à l'expérience première est suivie d'une étrange illusion. Le mot est toujours vu dans son entier pendant la rotation de la carte; mais les deux moitiés alternantes ne sont pas vues sur le même plan. Celles qui exécutent la révolution sont vues *en avant* de celles situées dans l'axe même de la rotation.

L'effet produit est celui même offert par une décoration architecturale qui a été remarquée à Paris. Sur l'attique du nouvel Opéra, on voit les lettres N, E, N, E, alternativement encadrées dans des médaillons successifs, mais non sur le même plan; tous les E sont notablement en avant de la rangée des N. C'est aux artistes seuls qu'il appartient d'avoir un avis sur cette disposition.

Quoi qu'il en soit, elle nous présente absolument ce q[...] passe dans l'expérience du thaumatrope modifié par M. C[...] det : les lettres de la deuxième rangée du mot VICTO[...] I T R A, apparaissent en avant de celle formée par les a[...] lettres, comme au fronton de l'Opéra les lettres E en a[...] des N.

Cet exemple nous fournit une brillante et facile démo[...] tion des principes formulés par nous il y a neuf années[...]

Nous y vérifions d'abord l'*instantanéité* du mécanisme [...] vision binoculaire simple et avec sentiment de profonde[...] de la troisième dimension.

Secondement, le rôle joué par les axes secondaires.

Quand le regard binoculaire, *évidemment immobile*, est [...] sur la première série de la lettre A, couchée dans le plan [...] la rotation, la seconde face de la carte n'impressionne la ré[...] que lorsqu'elle passe *entre* A et l'observateur. Les lettres [...] lui appartiennent ne sont donc vues que dans un plan [...] rieur à A, et à une distance égale à l'épaisseur de la ca[...]

Eh bien, cette différence de distance, si faible, est im[...] pément appréciée par le sensorium, avec la fusion des [...] impressions rétiniennes en une seule; car il n'y a p[...] seul instant d'image double.

Dira-t-on qu'en cette circonstance, le sensorium ne [...] pas les lettres de la rangée antérieure au point d'entrecr[...] ment des axes secondaires qui leur correspondent?...

Giraud-Teulon.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Statique de la lumière dans les phénomènes de la [...] végétaux et des animaux, par M. *Dubrunfaut*. — La simp[...] terprétation logique des faits révélés par les expériences [...] MM. Gratiolet, Cloëz et Cailletet nous a permis d'attribuer ex[...] sivement aux rayons rouges du spectre lumineux l'import[...] fonction physiologique qu'accomplit la lumière solaire dans l'[...] de la végétation. Les feuilles exécutent là une véritable ana[...] de la lumière blanche; elles s'approprient sous une forme i[...] nue les rayons rouges, et elles refusent d'absorder les ray[...] verts, qui forment le complément physique de la lumière abs[...] bée; ainsi se comprennent et s'expliquent les colorations s[...] lesquelles nous apparaissent les organes des végétaux, qui [...] la faculté de dissocier l'acide carbonique. En considérant [...] les plantes éclairées par la lumière verte se trouvent dans [...] conditions d'une complète privation de lumière, on est autori[...] croire qu'elles accompliraient sous la seule influence de la [...] mière rouge les phases de la végétation, qu'elles parcou[...] habituellement pendant la période vitale active de leurs feu[...] On peut croire encore que la maladie connue sous le nom d'é[...] *lement*, qui affecte les végétaux privés de lumière, ne se dé[...] lopperait pas sous l'influence de la lumière rouge, et qu'elle [...] développerait, au contraire, avec toute son énergie sous l'influe[...] des rayons verts. C'est ce que l'expérience pourra vérifier. [...] attendant cette vérification, dont le résultat ne laisse pas de do[...] tes dans l'esprit en présence de tous les faits connus, qu'il no[...] soit permis de rappeler l'attention des physiologistes sur une pr[...] priété de même ordre qui intéresse à un haut degré la santé [...] la vie des hommes et des animaux.

On connaît, en effet, l'influence salutaire de la lumière s[...] l'organisme animal, et l'on a des exemples nombreux de mal[...] dies, d'infirmités ou d'accidents divers, que peut produire la p[...] vation de la lumière. Telles sont les maladies qui atteignent [...] mineurs, les marins de la cale des navires, les ouvriers des m[...] nufactures mal éclairées, les habitants des caves, des pri[...]

...e ou des rues étroites. On connaît aussi les importantes ...ations de M. Edwards sur les batraciens et celles de Hum... sur la vigueur des populations des régions équinoxiales. ...opulations à peau rouge, à formes musculeuses et arrondies, ...vent directement l'influence bienfaisante de la lumière sur ...s corps entièrement nus. N'offrent-elles pas ainsi une pro...iété, quant à la lumière, inverse de celle qui a été constatée ...s les végétaux? et leurs peaux vivifiées par un sang largement ...atosé n'accusent-elles pas par leur couleur le besoin de ...ons verts? En effet, en appliquant à la peau vivante et rouge ...s hommes et des animaux bien portants, qui vivent sous l'in...ence de la lumière, l'interprétation que nous avons donnée à ...a coloration verte des feuilles, on est disposé à croire que les ...ons verts refusés par les végétaux comme étant impropres à ...rs fonctions assimilatrices sont, au contraire, ceux qui accom...ent les mêmes fonctions dans l'organisme animal. Ainsi, ...ndraient à une fonction physique importante les conditions ...uilibre statique qui ont été mises en évidence par d'illustres ...ants pour les phénomènes chimiques que l'on observe dans ...êtres organisés. La chlorophylle et les globules sanguins ...ent-ils pas les deux grands pivots de la vie organique des ...aux et des animaux, et les conditions de leur formation, en ...ence similaires, ne sont-elles pas bien distinctes et bien dé...ées par leurs modes d'être si différents vis-à-vis du stimulus ...ineux? Il est donc parfaitement légitime de conclure de tous ...faits connus et bien observés, que la lumière blanche du so..., qui est indispensable à la vie normale des végétaux et des ...imaux, se partage sous leurs influences propres en deux fais...aux complémentaires, qui sont absorbés pour les besoins des ...ctions assimilatrices.

Est-il nécessaire d'insister sur l'importance de ce mode d'in...rprétation de faits si vulgaires et si usuels? Est-il utile de si...aler les applications qui en découlent pour l'hygiène, pour la ...érapeutique, pour l'art de se vêtir, de se loger, etc.? Les ten...res rouges ne doivent-elles pas être proscrites de nos ameuble...ents, les rideaux exceptés? Les étoffes vertes ne doivent-elles ...s subir la même proscription dans la confection de ces écrans ...ui constituent nos vêtements? Inversement, le vert ne devrait-...il pas être la couleur privilégiée des étoffes, des papiers ou des ...peintures, qui décorent nos appartements et nos habitations? Le ...rouge, au contraire, ne devrait-il pas être la couleur imposée ...ux étoffes de nos vêtements et aux rideaux de nos croisées? La ...lubrité des bois en été ne serait-elle pas due bien plutôt à une ...fluence lumineuse qu'à la qualité de l'air? Là, en effet, le corps ...e l'homme est placé, pendant le jour, dans un véritable bain de ...mière verte, admirablement servi par le feuillage des arbres.

Avant que notre attention fût appelée sur l'influence particu...ère qu'exercent les rayons de réfrangibilité simple sur les phé...omènes de la vie, nous avions eu l'occasion de constater expéri...entalement des effets hygiéniques prodigieux, que nous n'avons ...s hésité à attribuer à la lumière solaire. Ainsi, nous avions vu un ...jet maladif et débile se refaire une constitution par une simple ...position longtemps prolongée à la lumière du jour au milieu ...un jardin sans ombrages ni abris. Nous avions vu aussi quatre ...nes enfants, rendus presque chlorotiques par les habitations ...salubres de Paris, recouvrer en quelques semaines une santé ...goureuse et un sang bien hématosé par l'habitation des sables ...r le bord de la mer et dans les beaux jours de l'automne. Les ...fants, en partie nus, passaient toute la journée à jouer sur le ...able, sous l'action bienfaisante de la lumière solaire, et, depuis ...ette observation, il nous est resté dans l'esprit cette conviction ...rofonde que l'air de la campagne et l'air de la mer, recomman...és aux enfants maladifs et rachitiques, n'ont une fonction bien ...fficace que parce qu'ils sont accompagnés invariablement de ...l'influence bienfaisante sans égale et trop souvent négligée de la ...lumière.

Le même mode d'interprétation des phénomènes lumineux peut ...s'appliquer à l'explication des faits observés dans toutes les con...ditions où la lumière manifeste des actions physiques, chimiques ou mécaniques bien perceptibles. Ainsi, nous croyons que l'on peut expliquer par cette méthode tous les faits de phosphorescence, de fluorescence, de photogénie et d'altération des produits colorés. Les phénomènes de contrastes successifs et simultanés, si savamment étudiés par M. Chevreul, peuvent aussi recevoir des explications plus précises de ce mode d'interprétation des faits. Nous en ferons l'objet d'autres communications.

La chaleur centrale de la Terre, par M. *Raillard*. — On a fait contre l'hypothèse de la fluidité intérieure du globe terrestre une objection qui a paru tellement grave à des savants célèbres, tels que Ampère, Poisson et d'autres, qu'ils ont regardé cette fluidité comme impossible. On a dit: Si la Terre n'est solidifiée qu'à sa surface; si, comme l'assurent les géologues, toute la masse de notre globe est fluide à une profondeur d'un petit nombre de lieues, à cause de l'excessive chaleur qui y règne et qui doit maintenir à l'état de fusion complète tous les éléments, quelque réfractaires qu'ils puissent être, dont cette masse est composée, les actions réunies de la Lune et du Soleil, qui produisent les marées de l'Océan, doivent aussi exercer une influence semblable sur cet autre océan intérieur de matière fluide, et alors l'écorce solide de la Terre devra être soulevée tous les jours deux fois par la réaction puissante de cette vaste marée souterraine. Mais comment cette écorce, dont l'épaisseur, d'après l'estimation commune, ne serait guère que $\frac{1}{300}$ du diamètre de la Terre, comment cette frêle écorce pourra-t-elle résister à des efforts si violents, si souvents répétés? Ne devra-t-elle pas être continuellement brisée, et ses débris pourront-ils jamais se souder avec assez de solidité pour que nous ne soyons pas témoins de perpétuels et effroyables bouleversements. Donc la Terre est nécessairement solide dans toute sa masse, et l'accroissement de température que l'on observe à mesure que l'on descend dans son intérieur doit s'arrêter à une certaine limite et ne doit pas aller jusqu'à l'incandescence, comme on s'est trop hâté de le supposer; donc les actions volcaniques sont des phénomènes purement locaux, dus à certaines réactions chimiques d'une grande puissance, et l'on en doit dire autant des tremblements de terre.

Il me semble d'abord qu'on a beaucoup exagéré les effets que produiraient sur l'écorce de notre globe les marées du vaste océan souterrain supposé incandescent. En admettant même que ces marées soulèvent réellement l'écorce terrestre, par la pression puissante qu'elles exerceraient contre sa surface intérieure, en résultera-t-il nécessairement que cette écorce éprouvera les violentes dislocations dont on a parlé? Je crois qu'il est permis d'en douter. En effet, la plus grande hauteur à laquelle ces marées soulèveraient la surface de la Terre n'arriverait certainement pas en moyenne à 6 mètres. Or le diamètre moyen de la Terre est de plus de 12 millions de mètres. Donc ce diamètre ne serait pas allongé de la millionième partie de sa valeur par l'effet des marées souterraines; et comme cet allongement se ferait d'une manière graduelle et sans soubresauts, sans secousses violentes, il s'ensuit qu'il nous serait impossible de nous en apercevoir. D'où pourraient, en effet, provenir ces secousses? L'allongement du diamètre de la Terre serait évidemment trop faible pour qu'il pût en résulter quelque part une rupture dans la surface solidifiée du globe, car nous ne connaissons pas de substance solide tellement privée d'élasticité qu'elle ne puisse éprouver, sans se rompre, une flexion proportionnellement aussi faible. Imaginons un anneau de 100 mètres de diamètre et de 2 décimètres d'épaisseur; de quelque matière connue qu'on le suppose composé, il est évident que cet anneau ne se briserait pas sous un effort qui se bornerait à allonger ou à raccourcir son diamètre d'un dixième de millimètre. Or la flexion qu'éprouverait l'écorce terrestre sous l'effort des marées souterraines serait proportionnellement plus faible. Donc on peut très-bien admettre la possibilité d'une pareille flexion, et sauver ainsi l'hypothèse de la fluidité parfaite de la masse intérieure de notre globe.

Cette hypothèse a l'avantage de nous faciliter l'explication de beaucoup de faits, tels que l'aplatissement de la Terre, les

sources thermales, les éruptions volcaniques, etc. Peut-être même que les marées souterraines ne sont pas sans influence sur le magnétisme terrestre, puisqu'on a remarqué une correspondance entre les variations qu'il éprouve et les positions relatives de la Lune, du Soleil et de la Terre. Ces pressions exercées deux fois par jour contre la surface intérieure de l'écorce terrestre, ces ondulations, ces flexions auxquelles elle est assujettie, ne peuvent-elles pas en effet développer de l'électricité ? C'est une idée que je soumets au jugement des physiciens...

ACADÉMIE DE MÉDECINE. — *Élection de M. Daremberg.* — L'Académie de médecine de Paris a procédé à l'élection d'un membre libre. M. Daremberg, professeur au Collége de France, a été nommé par 50 voix sur 83 votants, contre 25 données à M. Théophile Roussel, 6 à M. Amédée Latour, rédacteur en chef de l'*Union médicale*, et 2 à M. Legoyt.

BULLETIN DES COURS.

Faculté des sciences de Paris.

SECOND SEMESTRE (OUVRANT LE LUNDI 16 MARS 1868).

ALGÈBRE SUPÉRIEURE (les mercredis et vendredis, à trois heures et demie). — M. DUHAMEL (de l'Institut), professeur, ouvrira ce cours le mercredi 24 mars. Il traitera d'abord de la théorie générale des équations algébriques. Il s'occupera ensuite de la convergence des séries, et montrera l'usage que l'on peut faire du développement des principales fonctions pour leur réduction en tables. Il fera connaître aussi les conditions de convergence des produits d'une infinité de facteurs, et leur application au développement de quelques fonctions, particulièrement à la formation des tables des logarithmes des lignes trigonométriques.

Il terminera par le développement d'une fonction périodique arbitraire en série trigonométrique, et en fera l'application à quelques questions simples de physique mathématique.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL (les jeudis et samedis, à neuf heures). — M. J. A. SERRET (de l'Institut), professeur, continuera ce cours le jeudi 19 mars. Il traitera du calcul intégral.

MÉCANIQUE RATIONNELLE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. LIOUVILLE, professeur, continuera ce cours le mercredi 18 mars. Il traitera successivement de la dynamique, de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique.

ASTRONOMIE (les lundis et jeudis, à dix heures et demie). — M. LE VERRIER (de l'Institut), professeur. — M. BOUQUET, suppléant, commencera ce cours le lundi 16 mars. Il exposera les lois des principaux phénomènes astronomiques et les méthodes d'observation.

CALCUL DES PROBABILITÉS ET PHYSIQUE MATHÉMATIQUE (les mardis et samedis, à dix heures et demie). — M. LAMÉ (de l'Institut), professeur. — M. BRIOT, suppléant, continuera ce cours le mardi 17 mars. Il traitera des phénomènes électriques dans leurs rapports avec la théorie de la chaleur.

MÉCANIQUE PHYSIQUE ET EXPÉRIMENTALE (les mercredis et vendredis, à une heure et quart). — M. DELAUNAY (de l'Institut), professeur, continuera ce cours le mercredi 18 mars, et traitera des principales machines employées dans l'industrie, et spécialement des machines motrices.

PHYSIQUE (les mardis et samedis, à deux heures). — M. JAMIN, professeur, ouvrira ce cours le mardi 17 mars. Il fera la seconde partie du cours de physique et traitera de l'acoustique et de l'optique.

CHIMIE (les lundis et jeudis, à midi et demi). — M. PASTEUR (de l'Institut), professeur, commencera ce cours le lundi 16 mars. Il traitera de la chimie organique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE (les mardis et samedis, à midi et demi). — M. CLAUDE BERNARD (de l'Institut de France et de la Société royale de Londres), professeur, ouvrira ce cours le mardi 17 mars. Il traitera des propriétés des tissus dans les êtres vivants.

ZOOLOGIE, ANATOMIE, PHYSIOLOGIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à trois heures et demie). — M. Paul GERVAIS, professeur, ouvrira ce cours le samedi 21 mars. Il traitera des différentes classes du règne animal.

BOTANIQUE (les mercredis et vendredis, à midi). — M. DUCHARTRE de l'Institut), professeur, ouvrira ce cours le mercredi 18 mars. Il traitera des méthodes, des principales familles des plantes et de la géographie botanique.

GÉOLOGIE (les lundis et jeudis, à deux heures). — M. HÉBERT, professeur, ouvrira ce cours le jeudi 19 mars. Il exposera les phénomènes généraux sous l'influence desquels s'est constituée l'écorce terrestre, et développera plus particulièrement les périodes tertiaire et quaternaire.

Faculté de médecine de Paris.

OUVERTURE DES COURS D'ÉTÉ LE 16 MARS 1868.

HISTOIRE NATURELLE MÉDICALE (lundi, mercredi, vendredi, à onze heures) — M. BAILLON, zoologie médicale.

PHYSIOLOGIE (lundi, mercredi, vendredi, à midi). — M. LONGET, fonctions de nutrition.

THÉRAPEUTIQUE ET MATIÈRE MÉDICALE (lundi, mercredi, vendredi, à deux heures). — M. SÉE, modificateur de la nutrition et des organes sécréteurs.

PATHOLOGIE CHIRURGICALE (lundi, mercredi, vendredi, à trois heures). — M. VERNEUIL, maladies chirurgicales étudiées dans les divers tissus.

MÉDECINE LÉGALE (lundi, mercredi, vendredi, à quatre heures). — M. TARDIEU, simulation, folie, déontologie médicale.

PHARMACOLOGIE (mardi, jeudi, samedi, à onze heures). — M. REGNAULD, généralités sur l'ensemble de la pharmacologie, étude spéciale des principaux types des médicaments simples et composés.

ACCOUCHEMENT, *maladie des femmes et des enfants* (mardi, jeudi, samedi, à midi). — M. PAJOT, des opérations obstétricales dans leurs rapports avec les phénomènes de la parturition naturelle.

CHIMIE (mardi, jeudi, samedi, à midi, amphithéâtre de chimie). — M. WURTZ, chimie organique et ses applications à la médecine.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE (mardi, jeudi, samedi, à deux heures). — M. VULPIAN, des éléments anatomiques et tissus d'origine morbide.

PATHOLOGIE MÉDICALE (mardi, jeudi, samedi, à trois heures). — M. HARDY, maladies des appareils nerveux et de l'appareil locomoteur.

HYGIÈNE (mardi, jeudi, samedi, à quatre heures). — M. BOUCHARDAT, alimentation, hygiène générale.

CLINIQUE MÉDICALE (tous les jours, le matin, de huit heures à dix heures). — MM. BOUILLAUD et MONNERET, à la Charité ; M. GRISOLLE, suppléé par M. Bucquoy, agrégé, à l'Hôtel-Dieu ; M. BÉHIER, à la Pitié.

CLINIQUE CHIRURGICALE (tous les jours, le matin, de huit heures à dix heures). — M. GOSSELIN, à la Charité ; LAUGIER, à l'Hôtel-Dieu ; RICHET, à la Pitié ; JARJAVAY, à l'hôpital des Cliniques de la Faculté.

CLINIQUE D'ACCOUCHEMENTS (tous les jours, le matin, de huit heures à dix heures). — M. DEPAUL, à l'hôpital des Cliniques de la Faculté.

Cours cliniques complémentaires.

MALADIE DES ENFANTS (le mercredi, à huit heures et demie). — M. H. ROGER, à l'hôpital des Enfants.

MALADIES DE LA PEAU (1). — M. N...

OPHTHALMOLOGIE. — M. N...

SEMESTRE D'ÉTÉ. — DIVISION DES ÉTUDES.

1re *Année.* — Histoire naturelle médicale, herborisation, chimie médicale, manipulations.

2e *Année.* — Physiologie, pathologie interne, pathologie externe.

3e *Année.* — Physiologie, pathologie interne et pathologie externe, accouchements, opérations et appareils, thérapeutique et matière médicale, pharmacologie, anatomie pathologique, cliniques médicale et chirurgicale.

4e *Année.* — Pathologie interne et pathologie externe, accouchements, thérapeutique et matière médicale, médecine légale, anatomie pathologique, hygiène, cliniques médicale, chirurgicale et obstétricale.

(1) MM. les étudiants sont prévenus que M. le professeur Hardy fera une leçon clinique au lit des malades, à l'hôpital Saint-Louis, les samedis, à huit heures et demie du matin, à partir du mois de mai.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 16 — 21 MARS 1868

FACULTÉ DES SCIENCES DE POITIERS.

M. CH. CONTEJEAN.

Classification des Mammifères.

Une bonne classification est impossible en histoire naturelle. Cela tient à la nature des choses et à l'imperfection faible de nos méthodes. Pour disposer des objets dans un ordre quelconque, il faut, en effet, commencer par réunir tous ceux qui se ressemblent, et en former autant de groupes ou catégories de même valeur qu'il y a d'espèces différentes dans ces objets; il est ensuite nécessaire de subdiviser ces catégories, le cas échéant, en groupes du deuxième, du troisième, du quatrième ordre, composés chacun d'objets de même importance; il reste enfin à disposer et à subordonner convenablement tous les groupes. Mais la première de ces opérations, si facile en apparence, ne peut jamais être rigoureusement exécutée. Loin de former des catégories tranchées, les êtres organisés, animaux ou végétaux, sont reliés entre eux par des affinités si nombreuses et si diverses, qu'ils se refusent à entrer dans les cadres où notre esprit systématique cherche à les renfermer. Non-seulement on trouve à chaque pas des êtres intermédiaires ou de transition réunissant les caractères de deux groupes distincts, et que les nécessités de la classification obligent d'introduire ici ou là, mais il est à peu près impossible d'établir un ensemble de groupes ayant tous la même valeur. Qui affirmera, par exemple, que l'Aye-aye est un singe plutôt qu'un rongeur; le Flamant, un échassier plutôt qu'un palmipède; le Lepidosiren, un poisson plutôt qu'un batracien? Et si nous considérons les groupes dits naturels, comme les familles, les genres, les espèces, etc., personne ne mettra sur la même ligne la famille des Hippuridées et celle des Ombellifères, la famille des Pirolacées et celle des Légumineuses; nul ne soutiendra que les genres *Polygala*, *Rosa*, *Rubus*, *Hieracium*, soient composés d'espèces ayant toutes la même valeur, et comparables à celles des genres Hellébore ou *Carex*. Je choisis mes exemples dans les deux règnes pour vous montrer que les mêmes obstacles se rencontrent partout. On peut affirmer qu'il est impossible de constituer un ensemble quelconque d'objets similaires et de valeur absolument pareille; on peut assurer de même qu'il n'existe pas davantage deux groupes ayant rigoureusement une égale importance. Si donc il n'est pas aisé de reconnaître les subdivisions naturelles d'un ensemble et de composer chacune d'elles de termes semblables, on éprouve des difficultés aussi grandes à subordonner convenablement les groupes une fois établis, et à donner à chacun le rang qui lui convient, car les nuances sont infinies. Nos classifications ne peuvent être et ne seront longtemps encore que provisoires.

Mais, direz-vous, toutes ces difficultés ne sont-elles pas un peu l'œuvre des naturalistes? Je répondrai que l'objection est fondée dans une certaine mesure. Sans aucun doute, les auteurs ont contribué à embrouiller une science déjà suffisamment compliquée par elle-même. Chacun examine les choses à son point de vue particulier, et rien n'est plus naturel. Où l'un réunit, l'autre sépare. Telle tribu devient une famille pour celui-ci, et n'est qu'un genre pour celui-là. D'un autre côté, à force de tourner dans le même cercle, les observateurs sédentaires et cantonnés, après avoir tout épuisé autour d'eux, tout décrit, tout catalogué, ne tardent pas à distinguer, à subdiviser encore, et à relever une foule de nuances imperceptibles aux yeux du commun. Ces tendances sont inhérentes à notre organisation intime, et partant naturelles, je le répète, y compris même l'emploi quelque peu abusif du *mihi*. Il faut une certaine indépendance d'esprit pour s'y soustraire. Je puis donc me dispenser de justifier à vos yeux les naturalistes de détails, qui rendent journellement des services à la science en apprenant aux naturalistes généralisateurs à mieux voir et à mieux connaître. Je n'ai pas non plus qualité pour instruire leur procès; et en eussé-je le désir, ce qu'à Dieu ne plaise, je laisserais le soin de leur jeter la pierre à ceux qui ne trouvent pas dans leur passé quelque réminiscence importune. Les *mihi* passeront pour la plupart, mais les faits laborieusement découverts suffiront à la gloire de ceux qui les auront signalés. La surabondance des travaux peut être un ennui, à coup sûr elle ne constitue pas un danger. C'est cette dernière considération qui m'encourage à vous exposer quelques vues, peut-être nouvelles, relatives à la classification des Mammifères, car je n'ai en aucune manière la prétention de me soustraire à la loi commune.

L'insuffisance de nos méthodes, ai-je dit, vient encore augmenter l'embarras. En effet, les procédés graphiques auxquels nous sommes obligés d'avoir recours ne nous permettent pas de disposer les objets autrement qu'en séries linéaires, et, par conséquent, d'indiquer d'autres rapports que ceux qui unissent chaque anneau d'une même chaîne à l'anneau qui le précède et à celui qui vient après. Mais les affinités sont tellement nombreuses, qu'on a souvent comparé les groupes naturels à des réseaux dont chaque maille aurait beaucoup de points de contact avec celles qui l'entourent, ou à des solides formés de polyèdres se rencontrant par une grande quantité de faces. C'est ce que Linné formulait ainsi dans son langage aphoristique: « *Plantæ omnes utrinque affinitatem monstrant uti territorium in mappa geographica.* » La méthode des séries pa-

rallèles, dont Isidore Geoffroy Saint-Hilaire a fait un si judicieux emploi, permet d'exprimer, en outre, des rapports collatéraux. Elle consiste, vous le savez, à inscrire à côté l'une de l'autre, sur le même tableau, deux ou plusieurs séries linéaires, de manière que les termes qui se correspondent dans les groupes ainsi rapprochés se trouvent placés sur la même ligne horizontale. D'autres essais ont été faits dans le but d'indiquer des relations encore plus nombreuses au moyen de dispositions typographiques particulières; mais ils n'ont abouti qu'à augmenter la confusion. Dans l'état actuel de nos connaissances, je considère la méthode des séries parallèles comme la moins imparfaite, quoiqu'elle laisse beaucoup à désirer, et c'est celle que je me propose d'adopter.

Constatons d'abord que la subordination des caractères est difficile à appliquer dans une classe, et que son usage se restreint d'autant plus, qu'on descend à des divisions moins importantes. Les caractères appelés *dominateurs* ont déjà été à peu près épuisés pour l'établissement des grandes coupes, je veux parler des embranchements et des classes, et ceux qui restent à utiliser diminuent d'importance au fur et à mesure qu'ils augmentent en nombre, de sorte que la valeur en devient difficile à apprécier. On est à peu près d'accord pour regarder le plan de symétrie générale, la disposition des masses nerveuses, le mode de circulation, de respiration, de reproduction, la nature et les relations des parties solides, comme des caractères réellement dominateurs, dont l'importance est représentée par l'ordre dans lequel je les ai énumérés, et on les a fort judicieusement employés pour l'établissement des embranchements et des classes. Mais il est beaucoup moins aisé d'indiquer la valeur relative de ceux qui restent pour la subdivision des mêmes classes, caractères fournis par les différentes parties de l'appareil de la reproduction, par le système dentaire, les détails de l'appareil digestif, le squelette, les extrémités, puis la forme extérieure, les téguments, la coloration, etc. Pour mon compte, je serais porté à les subordonner dans l'ordre où je les ai placés, ne dissimulant pas ma préférence, pour le système dentaire, d'un emploi si commode dans la classe des Mammifères. Plus que beaucoup d'autres, les caractères qu'il fournit correspondent à des particularités importantes de l'organisme, dont ils sont en quelque sorte la traduction extérieure; de même que les valvules des narines de l'Hippopotame et des Phoques décèlent les réservoirs sanguins de la veine cave et l'appropriation de ces animaux à la vie aquatique, de même aussi que les os marsupiaux indiquent, entre autres choses, la duplicité des parties de l'appareil reproducteur. Or, l'alimentation, qui concourt directement à la conservation de l'individu, est d'une telle importance, que le corps entier, et en particulier l'appareil locomoteur, semble avoir été disposé en vue de desservir cette fonction. Le système dentaire d'un Mammifère révèle donc à peu près tous les détails de sa structure. Aussi, en zoologie, pourrait-on adopter, avec une légère variante, l'adage formulé par un spirituel gastronome : Dis-moi *comment* tu manges, je te dirai qui tu es.

La difficulté de subordonner convenablement les caractères et de faire à chacun la part qui lui convient est singulièrement augmentée par cette considération, que le même caractère n'a pas une valeur constante et absolue, mais qu'il varie d'importance suivant les cas. Je citerai, parmi beaucoup d'autres, le caractère de la formule dentaire, qui perd une grande partie de son poids chez les Vertébrés à sang froid, et les caractères tirés des téguments et des productions de la pe[au], tellement importants chez les Poissons, que M. Agassiz a les prendre pour la base de ses ordres dans cette classe, et si mince valeur chez les Mammifères et les Oiseaux, qu' servent tout au plus à en distinguer les espèces et les variét[és].

On peut d'ailleurs affirmer que l'emploi exclusif d'un se[ul] caractère, même dans les conditions les plus favorables, co[n]duit infailliblement à des coupures plus ou moins artificiell[es]. C'est ainsi que Cuvier, en divisant les Mammifères en Ong[ui]culés et en Ongulés, place dans la première catégorie, ava[nt] les Éléphants et les Chevaux, les Rongeurs et les Édentés, q[ui] sont incontestablement les plus imparfaits des Mammifèr[es] ordinaires, et en outre les Marsupiaux, que leur imperfectio[n] plus grande encore a fait, avec raison, séparer en une sous[-]classe distincte. Et s'il eût rigoureusement appliqué sa mé[thode], il aurait dû séparer des Rongeurs les Cabiais et le[s] genres voisins, qui sont ongulés, et peut-être distraire de[s] Mammifères ongulés les Éléphants et les Damans, qui on[t] plutôt des ongles que de véritables sabots.

Il faut donc, autant que possible, considérer un ensembl[e] de caractères plutôt qu'un caractère isolé; et plus l'ensembl[e] est nombreux, moins il y a de chance d'erreur. Sans adopte[r] absolument la méthode d'Adanson, on est conduit cependan[t] à choisir une sorte de moyen terme entre cette méthode [et] celle de Jussieu, quand on arrive au point où la derniè[re] commence à faire défaut par la difficulté de subordonner de[s] caractères de plus en plus nombreux et de moins en moin[s] importants. Dans aucun cas, on ne doit renoncer à assigner [à] chaque organe son importance réelle, mais on est aus[si] obligé de prendre en considération le nombre et surtout l'en[-]semble.

Il faut chercher d'abord à quels signes on reconnaît la supé[-]riorité organique. A cet égard, les opinions sont à peu prè[s] unanimes. En zoologie comme en botanique, la multiplicit[é] des fonctions, la division du travail, la spécialisation des in[-]struments et même leur coalescence, plutôt que leur nombre marquent incontestablement la supériorité. D'un autr[e] côté, pour nous diriger sûrement au milieu du dédale de[s] formes et des types, le fil conducteur ne fera jamais défaut, s[i] l'on compare chaque individu ou chaque groupe au type le plus élevé, puis au plus dégradé de sa classe ou des classe[s] voisines. Ces types ne sont pas difficiles à indiquer. L'Homme est incontestablement le plus parfait des êtres, tandis que le[s] Oiseaux et les Vertébrés à sang froid sont bien inférieurs au[x] Mammifères. De deux animaux à classer, celui dont l'en[-]semble des caractères rappelle le type humain ou le modè[le] le plus parfait de la division à laquelle il appartient lui-même sera placé avant celui qui se rapproche davantage des Verté[-]brés inférieurs. Je suppose, par exemple, que j'aie à interc[a]ler dans une série quelconque cet Échidné et ce Hérisso[n]; le Hérisson occupera le premier rang, parce qu'il a été nour[ri] au moyen d'un placenta pendant la vie intra-utérine; que [les] hémisphères de son cerveau sont réunis par un corps calle[ux]; que son squelette, les organes des sens, de la reprod[uc]tion, etc., ne se distinguent en rien de bien essentiel de c[eux] de l'Homme et des Mammifères supérieurs. L'Échidné se[ra] relégué au second rang, parce qu'il se développe sans p[la]centa, que ses organes génito-urinaires aboutissent à [un] cloaque, que l'ovaire et l'oviducte gauche sont plus consi[dé]rables que ceux de droite; parce qu'il manque de corps ca[l]leux, que le limaçon de l'oreille a la forme d'une simp[le]

corne, etc., tous caractères existant chez les Oiseaux et les Vertébrés inférieurs, et qui font défaut dans les Mammifères supérieurs. Il y a pourtant des cas où le naturaliste peut se trouver fort embarrassé, c'est lorsque des caractères disparates et contradictoires se remarquent à la fois dans le même être, qui se trouve ainsi relié aux types parfaits par certains organes, et aux types imparfaits par certains autres. Je citerai comme exemple l'Aye-aye, qui est à la fois un Singe et un Écureuil, et le Paresseux, que sa forme et certaines particularités rapprochent des Primates, tandis que sa dentition le met presque au dernier degré de l'échelle.

J'arrive enfin à la classification elle-même.

scrivait autrement, et n'y faisait entrer que les Mammifères bipèdes ou manquant de membres postérieurs, je veux dire les Sirénides et les Cétacés. On y a réuni depuis, et à juste titre, les Phoques et les Morses. Les Mammifères marins se distinguent des terrestres par leur forme plus ou moins semblable à celle des Poissons, par leurs membres empêtrés ou transformés en nageoires, et par des dispositions particulières dans les appareils de la circulation et de la respiration. Geoffroy Saint-Hilaire accordait à la série de ses Bipèdes une importance exagérée en l'inscrivant en regard de sa série des Quadrupèdes, elle-même divisée en Mammifères sans os marsupiaux et en Mammifères avec os marsupiaux. Évidemment

MAMMIFÈRES

	MONODELPHES — TERRESTRES OU QUADRUPÈDES — NORMAUX.	MONODELPHES — TERRESTRES OU QUADRUPÈDES — RONGEURS.	MONODELPHES — AQUATIQUES OU PISCIFORMES.	DIDELPHES — MARSUPIAUX.	DIDELPHES — MONOTRÈMES.
I. HÉTÉRODONTES.	1. Primates..... { Singes. Lémuriens. Galéopithèques.	4. Cheiromydés.			
	2. Chéiroptères.				
	3. Insectivores.	5. Gliriens.		1. Insectivores | 2. Gliriens.	
II. CARNASSIERS..	6. Carnivores.		1. Amphibies.	3. Carnivores.	
III. HERBIVORES..	7. Proboscidiens.				
	8. Ongulés..... { Pachydermes. Bisulques. Ruminants.		2. Sirénides.	} 4. Demi-rongeurs.	
			3. Cétacés.		
IV. HOMODONTES..	9. Édentés..... { Paresseux. Édentés proprement dits.				1. Édentés.

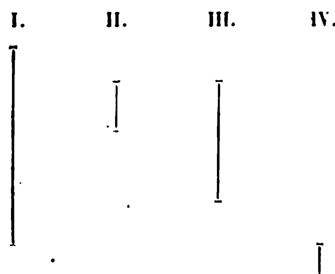
La classe des Mammifères a été divisée en deux grandes séries parallèles, lesquelles, dans la nomenclature ordinaire, doivent recevoir le nom de sous-classes. La division des Mammifères en Monodelphes et Didelphes est due à de Blainville. Elle fut immédiatement adoptée, et elle subsistera toujours, car elle repose sur la nature même des choses. Les Didelphes, en effet, se distinguent des Mammifères ordinaires, ou Monodelphes, par un ensemble de caractères qui les rapprochent des Oiseaux et des Vertébrés inférieurs. Je citerai, par exemple, l'absence de placentation, la duplicité des organes reproducteurs, le peu de développement des petits au moment de la naissance, le mode particulier d'allaitement, l'absence de mésolobe au cerveau, etc., tous caractères en quelque sorte décelés par les os marsupiaux du bassin. Les Didelphes constituent donc une grande série parallèle à celle des Monodelphes, dont ils reproduisent les principaux types; elle doit être inscrite à droite de la première, en signe d'infériorité. Occupons-nous d'abord de la grande série des Mammifères ordinaires.

Celle-ci est elle-même partagée en deux séries parallèles de second ordre : les Mammifères terrestres ou quadrupèdes, et les Mammifères aquatiques ou pisciformes. Ce ne sont plus des sous-classes, mais on ne peut encore les appeler des ordres. L'établissement d'une série de Mammifères aquatiques est due à Is. Geoffroy Saint-Hilaire, seulement il la circon-

c'est le contraire qui est vrai. Pour avoir une forme et certains organes appropriés à la vie aquatique, les Mammifères pisciformes n'en sont pas moins des Monodelphes, offrant les mêmes modes de placentation que ces derniers, les mêmes organes de reproduction, la même constitution cérébrale. Leur infériorité relativement aux Mammifères terrestres est d'ailleurs accusée par la disposition particulière de leurs membres, la similitude plus grande des os des extrémités, l'absence de dents ou l'uniformité de ces dernières, quand elles existent. Ainsi, toutes les dents des Cétacés sont semblables entre elles et n'ont qu'une racine. Chez les Phoques, où la dentition est le plus compliquée, la forme des incisives extérieures, qui rappellent les canines, et la ressemblance de toutes les molaires, trahissent une tendance à l'uniformité dentaire des Vertébrés inférieurs. La série de second ordre des Mammifères marins sera donc inscrite à la droite de celle des Mammifères terrestres, dont elle reproduit également quelques-uns des types.

Cette dernière est divisée en quatre groupes à peu près équivalents sous le rapport de l'importance des caractères, sinon eu égard au nombre et à la variété des familles, des genres et des espèces qui les composent. Mais nous verrons que le nombre importe peu, et que souvent des types parfaitement séparés et de grande valeur ne sont représentés que

par une seule espèce. Ces quatre groupes sont les Hétérodontes, les Carnassiers, les Herbivores et les Homodontes. Ils constituent des divisions de plus grande importance que des ordres, mais je ne me préoccuperai pas du nom qu'il conviendrait de leur donner, et je les désignerai provisoirement par un terme emprunté à la géologie, et qui nous marque l'ensemble, la réunion. La perfection relative des Mammifères composant chacun de ces groupes est indiquée par l'ordre où ceux-ci ont été portés au tableau. Les Hétérodontes, en effet, renferment les types les plus élevés de toute la classe, et les Homodontes les plus dégradés, les Carnassiers et les Herbivores se plaçant entre les deux. Cependant leur disposition en une série linéaire unique ne rend pas compte de leurs affinités réelles. Les Hétérodontes, par exemple, constituent une division qui renferme à la fois les modèles les plus élevés, je veux parler de l'Homme et des Singes, et presque les plus imparfaits, c'est-à-dire les Insectivores et les Rongeurs. Beaucoup plus compacte et plus homogène, le groupe des Carnassiers, sans offrir des types aussi élevés que le précédent, n'en renferme pas non plus de si dégradés. Il en est de même du groupe des Herbivores, aussi élevé que celui des Carnassiers, mais descendant un peu plus bas. Si nos procédés graphiques le permettaient, il faudrait donc placer les quatre groupes non pas à la suite, mais à côté les uns des autres, et en former quatre séries parallèles, dont l'élévation organique et l'étendue seraient figurées par les lignes ci-dessous, désignées chacune par le numéro d'ordre affecté au groupe qu'elle représente.



Les Hétérodontes sont ainsi appelés, non parce qu'ils possèdent seuls une dentition variée, mais parce qu'ils offrent, dans leur système dentaire, des diversités plus grandes que les autres groupes. Le mot est donc employé ici dans un sens plus restreint que d'ordinaire. On pourrait aussi bien les nommer multiformes, tant ils diffèrent par leur aspect extérieur. Cependant ils constituent bien un groupe naturel, un ensemble unique, déjà reconnu par de Blainville. On observe des passages si gradués et si manifestes entre l'Homme et le dernier des Insectivores et des Rongeurs, que cet ensemble ne peut être divisé. C'est ce que je vous montrerai bientôt plus en détail. A part l'Homme, quelques Singes et un Rongeur, le groupe des Hétérodontes ne comprend que des animaux de faible taille, et il renferme les plus petits des Mammifères. Il y a au moins trois types de forme bien distincts, représentés par les Singes, les Chauves-Souris et les Insectivores ou les Rongeurs, avec nombreux types intermédiaires ou anormaux, tels que Loris, Tarsiers, Galéopithèques, Gerboises et Macroscélides, Polatouches, Taupes et Condylures, etc. Les autres caractères peuvent être résumés ainsi qu'il suit : Placenta discoïde; doigts presque toujours onguiculés; molaires jamais tranchantes ni déprimées, d'ailleurs très-diverses; régime varié, jamais franchement carnivore; structure et disposition des extrémités, de l'encéphale, de l'appareil reproducteur, assez dissemblables.

Quoique réduits à un seul ordre, les Carnassiers constituent, ai-je dit, le groupe le plus compacte et le plus homogène. Ils sont de taille moyenne, et se rapportent à un type unique, dont les variations les plus extrêmes en forme et en grandeur pourraient être représentées par l'Ours, la Belette et le Lion. Le placenta est toujours zonaire; ils sont tous onguiculés; les molaires tranchantes dominent dans leur dentition, et leur régime est presque exclusivement carnivore. Leurs extrémités sont toujours terminées par des griffes; ils présentent tous des circonvolutions cérébrales; enfin, leur appareil reproducteur est assez uniforme.

Plus vaste que le précédent, le groupe des Herbivores se compose d'animaux généralement de grande taille, car il comprend les plus gros des Mammifères terrestres. Leur forme, sans sortir d'un même type général, est cependant plus variée que celle des Carnassiers. Il suffit de citer l'Éléphant, l'Hippopotame, le Cheval, le Chameau, la Girafe, l'Antilope. Sauf une ou deux exceptions, le placenta est diffus; ils sont tous ou presque tous ongulés; les dents incisives et les canines perdent de leur importance, manquent quelquefois ou présentent un développement anormal; les molaires tendent à devenir uniformes, signe d'infériorité, et la couronne, plus ou moins aplatie, indique un régime exclusivement végétal; les doigts sont en général peu nombreux; les hémisphères cérébraux présentent des circonvolutions souvent compliquées; l'appareil reproducteur varie plus que dans le groupe précédent.

Les Homodontes ne renferment que des animaux d'assez petite taille, au moins dans la faune actuelle. Leur forme se rapporte à deux types distincts : les Paresseux, puis les Édentés proprement dits, représentés par les Pangolins, les Tatous, les Fourmiliers, etc. La placentation et les organes reproducteurs, assez variables, rapprochent, les uns des Hétérodontes, et les autres des Herbivores. Sans être ongulés, ils ont les doigts munis d'ongles souvent énormes. Les dents incisives manquent toujours, et les molaires, quand elles existent, sont toutes uniformes, à une seule racine, et présentent, chez l'Oryctérope, de singulières particularités de structure. Le régime est varié, quelquefois exclusivement végétal, mais le plus communément insectivore; enfin, le cerveau demeure presque toujours lisse, et présente des lobes olfactifs volumineux, signe de grande infériorité.

On remarquera que le mode de placentation suffit à distinguer les deux premiers groupes. Je n'ai pas besoin d'insister sur la valeur de ce caractère, dont M. Milne Edwards a fait si justement ressortir l'importance. S'il n'est pas commode, dans la pratique, de classer les êtres d'après des organes transitoires qui n'existent plus chez l'animal complétement développé, au moins doit-on reconnaître la grande portée du principe suivant formulé par l'éminent membre de l'Institut : « Toutes les espèces qui dérivent d'un même type général se » montrent d'abord avec la même constitution apparente; les » particularités essentielles du type secondaire se prononcent » ensuite, puis celles dont l'importance zoologique est moindre, et ainsi jusqu'à ce que chaque partie de l'organisme » ait acquis la forme spécifique. » De cette manière, chaque mode de placentation indique un ensemble organique, dont les termes, qui peuvent varier en se développant, ont tous

une origine commune, et doivent, par conséquent, former une même catégorie naturelle. Cependant, comme tous les caractères, celui de la placentation donne lieu à des exceptions. Il ne pourrait être appliqué sans réserve qu'en introduisant dans le groupe des Carnassiers le Daman, qui est un pachyderme, et le Chevrotain, qui est un ruminant; en rapprochant des Hétérodontes les Paresseux, qui en ont à peu près la placentation, et en réunissant aux Herbivores ce qui resterait du groupe des Homodontes. Or, l'indépendance de ces derniers est aujourd'hui si bien reconnue, qu'on ne doit plus songer à les fondre dans les autres séries. Je pense donc qu'il n'y a pas lieu à adopter la combinaison qui consisterait à établir seulement trois divisions dans la classe des Mammifères, suivant la forme du placenta.

Le groupe des Hétérodontes renferme cinq ordres : les Primates, les Chéiroptères, les Insectivores, les Cheiromydés et les Gliriens.

Sous le nom de Primates, Linné désignait l'Homme, les Singes, les Lémuriens, les Chauves-Souris, et à une certaine époque les Paresseux; et il les considérait comme les premiers des animaux. Pour nous, cet ordre ne renferme que les Singes, les Lémuriens et les Galéopithèques.

Les Singes sont les premiers des Primates, et l'Homme est le premier des Singes. Je m'empresse de rassurer les personnes que pourrait scandaliser cette assertion présentée d'une manière aussi absolue, et j'ai hâte d'ajouter : l'Homme fait partie du groupe des Singes, mais il n'est pas un Singe.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur la place que doivent occuper les races humaines dans la série des êtres. Non-seulement Linné mettait l'Homme avec les Singes, mais il élevait en quelque sorte ces derniers à la dignité humaine en plaçant dans le genre Homme, à côté de l'*Homo sapiens*, son *H. troglodytes*, qui est le Chimpanzé, son *H. satyrus*, qui est l'Orang-Outan, et son *H. lar*, qui est le Gibbon. Cuvier faisait de notre espèce un ordre des Mammifères, celui des Bimanes. A l'exemple d'Aristote, beaucoup de naturalistes éloignent maintenant l'Homme des animaux, pour en constituer un troisième règne organique, le règne humain. Ils disent, à l'appui de leur manière de voir, que le règne animal et le règne végétal ne sont séparés par aucune différence matérielle à leur point de contact, et que les animaux les plus imparfaits ne peuvent être distingués de certaines plantes que par des caractères tirés de leurs facultés et non plus de leurs organes. La plante vit et se reproduit; l'animal vit, se reproduit, sent et exécute des mouvements volontaires. L'Homme, ajoutent-ils, ne s'écarte du règne animal par aucune différence organique, mais il possède diverses facultés refusées à l'animal, telles que le sentiment de la pudeur, de la responsabilité, de l'abstraction, de l'idéal, etc.

A cela on peut objecter qu'il n'est difficile de distinguer les animaux et les plantes que dans des cas infiniment rares et tout à fait exceptionnels; que cette difficulté même peut être contestée, l'étude attentive du mode de nutrition décelant toujours la nature animale ou végétale des êtres que l'on a en vue; qu'il n'est pas légitime d'arguer de cas exceptionnels pour justifier une séparation autrement sans opportunité; qu'enfin les facultés propres au règne animal diffèrent moins de celles qui caractérisent le règne humain que les facultés de certains animaux ne diffèrent de celles de beaucoup d'autres. Il est évident, en effet, que la distance intellectuelle est moindre entre l'Homme et le Singe, le Chien, l'Éléphant, qu'entre ces derniers et les Helminthes, les Polypes et les Spongiaires. De cette manière, ce n'est pas seulement un règne humain qu'il y aurait à établir, mais autant de règnes qu'on pourrait distinguer de groupes d'animaux jouissant de facultés particulières. On voit où conduirait le principe, s'il était appliqué dans toute sa rigueur. J'ajouterai que dans l'immense majorité des circonstances, les animaux diffèrent tellement des plantes par leur substance, leurs sécrétions, leurs formes, leur nutrition, leur reproduction, que le plus ignorant les distingue sans la moindre hésitation, même sur un simple fragment. Au contraire, l'Homme est formé des mêmes matières que les animaux; il possède les mêmes organes exécutant des fonctions identiques et de la même manière. Je me rappelle avec quelle chaleureuse conviction notre illustre maître Is. Geoffroy Saint-Hilaire insistait, dans ses leçons, sur toutes ces ressemblances, et démontrait victorieusement qu'au point de vue organique, nous différons moins des Singes anthropomorphes que ceux-ci des autres Singes. C'est précisément pour cela que l'Homme doit faire partie du même groupe que les Singes, et qu'il appartient au règne animal. Le naturaliste ne peut et ne doit tenir compte que des différences organiques et matérielles; or, les facultés de l'âme ou de l'esprit n'ont jamais été considérées comme des caractères zoologiques. Il est d'ailleurs incontestable que sous le rapport moral et psychologique, l'Homme est une créature à part, infiniment supérieure à la brute; mais le naturaliste n'a pas qualité pour l'étudier à ce point de vue.

Un mot encore avant de clore cette digression. De ce que l'Homme fait pour nous partie du groupe des Singes, il ne s'ensuit pas qu'il descende du Singe, ou, en d'autres termes, qu'il soit un Singe perfectionné, comme on l'a dit quelquefois. Je n'ai jamais pu adopter la doctrine de la transformation des espèces, parce qu'elle n'a jamais été démontrée. L'étude des fossiles, aussi bien que celle des êtres vivants, fait voir qu'il y a eu de tout temps les mêmes différences de formes et de types, et que l'espèce a pu varier autrefois comme de nos jours, mais seulement dans les mêmes limites. Tous les raisonnements à l'appui de la théorie des Lamarck et des Darwin ne sont, à mon avis, que des hypothèses plus ou moins ingénieuses, et les faits cités prouvent seulement une chose qui n'a jamais été mise en doute, savoir, la flexibilité de certaines espèces et leur facilité à produire, dans des circonstances particulières, de nombreuses variétés, et même des races plus ou moins stables. Dût-il m'en coûter beaucoup, j'abandonnerai sans arrière-pensée ma manière de voir actuelle, si l'on me montre qu'une seule espèce se soit transformée en une autre. Mais, jusque-là, je continuerai de croire que les mêmes lois ont éternellement régi le monde, et j'aime mieux confesser mon ignorance absolue, que d'expliquer la succession et la diversité des êtres par des hypothèses qui ne satisfont pas complétement ma raison. Ces hypothèses, d'ailleurs, n'expliquent rien du tout, puisqu'on est toujours obligé d'admettre qu'au début de la vie sur le globe, un être au moins, si simple qu'on le suppose, a été formé de toutes pièces de la matière inorganique. On ne dira jamais quel était cet être, et l'on n'indiquera pas davantage la filiation qui le rattache à un être différent, et à plus forte raison à un représentant quelconque de la faune ou de la flore actuelles. Or, c'est le moins qui puisse être exigé.

Les opinions de Linné et de Cuvier me paraissent également peu fondées. Les progrès de la science moderne ont fait

établir autant de genres différents que Linné admettait d'espèces dans son genre *Homo*. D'un autre côté, la classification de Cuvier ayant plutôt pour base un système artificiel que la méthode naturelle, on comprend que des considérations tirées de l'absence des mains postérieures aient suffi à ce savant illustre pour l'érection d'un ordre. Mais ces considérations perdent beaucoup de leur valeur si l'on considère que les muscles du pied de l'Homme sont les mêmes que ceux du Singe, et que, dans certains cas, notamment chez les très-jeunes enfants, le pouce du pied est un peu opposable aux autres doigts. D'ailleurs rien de plus variable que la conformation des extrémités, et rien de plus répandu que la main dans le règne animal, puisqu'on retrouve chez la moitié des Marsupiaux cet organe, qui perd ainsi beaucoup de sa valeur taxinomique. Cuvier lui-même n'avait pas séparé en ordre distinct les Cébiens manquant de mains antérieures. A part le caractère de la main, l'Homme ne diffère des Singes les plus élevés en rien d'essentiel sous le rapport organique, je le répète. Il est infiniment plus rapproché du Chimpanzé, de l'Orang ou du Gorille que ceux-ci des Guenons et des autres Singes, surtout des Cébiens; il fait donc partie du même groupe, et il constitue, au plus, une tribu ou division (le nom importe peu) de même ordre que celles dont se compose la section des Singes de l'ancien continent. Le tableau suivant indique la place qu'il doit occuper dans la série animale.

- SINGES.
  - SINGES proprement dits
    - de l'ancien continent, ou *Pithéciens*.
      - Homme.
      - Anthropomorphes.
      - Semnopithèques.
      - Guenons.
      - Macaques.
      - Cynocéphales.
    - du nouveau continent, ou *Cébiens*.
  - OUISTITIS.

De l'Homme aux Singes anthropomorphes la dégradation est accusée par une foule de signes, tels que l'allongement des membres antérieurs, la brièveté du pouce, la prédominance de la main postérieure, le développement et la saillie de la face, la réduction du crâne et de l'encéphale, la moindre complication des circonvolutions cérébrales, l'inclinaison des incisives, le développement des canines, et la barre qui les sépare des molaires, etc. Plusieurs de ces particularités commencent à se montrer dans les races humaines les plus dégradées. L'exagération des mêmes caractères, le rétrécissement du sternum, la disposition différente des poils de l'avant-bras, l'existence d'une queue, la station plus franchement quadrupède, l'utérus déjà échancré; dans beaucoup de cas, des abajoues, des callosités, la forme plus aiguë des oreilles, etc., dénotent une nouvelle infériorité dans les autres sections des Singes de l'ancien continent, en même temps que la saillie plus considérable des tubercules des dents molaires, la forme et la disposition moins régulières des incisives et quelquefois des fausses molaires, indiquent une tendance au type insectivore. Tous ces caractères se marquent davantage, et dans le même sens, chez les Singes du nouveau continent, ou Cébiens, dont les narines commencent à s'écarter, et qui ont tous une fausse molaire de plus à chaque mâchoire. Dans ce même groupe, la queue existe constamment, et souvent elle est prenante. Quelquefois les mains font défaut aux extrémités antérieures. De nouveaux signes de dégradation apparaissent dans quelques genres : la forme comprimée des ongles, alors semblables à des griffes, et l'absence de circonvolutions cérébrales.

La famille des Ouistitis vient après celle des Singes proprement dits, et continue la même série. Les Ouistitis ont les narines écartées des Cébiens, le cerveau lisse, et manquent de mains antérieures. Leur dentition, considérée séparément, les ferait placer entre les Singes de l'ancien et ceux du nouveau continent, car ils ont cinq molaires, comme les premiers, et trois molaires de remplacement, comme les seconds. Mais les tubercules aigus et saillants de ces molaires, le régime en grande partie insectivore, les habitudes déjà sanguinaires, les ongles aigus et comprimés en véritables griffes, la pluriparité, sont autant de caractères qui rapprochent ces petits êtres de l'ordre des Insectivores. Moins importante à tous égards que celle des Singes, la famille des Ouistitis est rattachée à la première par quelques Cébiens à cerveau lisse et à griffes, chez lesquels la sixième molaire devient presque rudimentaire. Sa véritable importance ne peut donc être exprimée au moyen de nos procédés graphiques; car si l'on inscrit les genres des Ouistitis à la suite de ceux des Cébiens, même en les plaçant à une certaine distance, on ne tient pas compte des caractères qui distinguent ces groupes, et si l'on en forme une famille séparée, la transition des Cébiens aux Ouistitis n'est pas indiquée. Obligé de choisir entre deux alternatives presque également fâcheuses, j'adopte la seconde, comme la moins mauvaise.

Le sous-ordre des Lémuriens rattache directement les Primates aux Insectivores. Bien inférieur au sous-ordre des Singes, il lui est un peu parallèle, et en reproduit plusieurs types. Les ongles aplatis, sauf celui de l'index postérieur, le pouce opposable aux quatre extrémités, les hémisphères cérébraux ayant quelquefois des circonvolutions, placent les Lémuriens au-dessus des Ouistitis et même des Cébiens inférieurs. D'un autre côté, la face en museau, les narines écartées et virguliformes, les yeux plus latéraux, les oreilles souvent aiguës et velues, le nombre ordinairement plus considérable des mamelles et l'existence à chacune de deux tetines, leur situation plus rapprochée des aines, dénotent une dégradation considérable. Mais c'est surtout par la dentition que les Lémuriens se rapprochent des Insectivores. Comme ces derniers, ils ont les incisives en nombre variable suivant les genres; souvent elles offrent une forme ou un développement anormal, et les inférieures, fréquemment taillées en biseau, ressemblent un peu à celles des Rongeurs. D'autres fois elles se distinguent mal des canines, et celles-ci des premières molaires. Assez variables dans leur aspect et leur disposition, les dents de cette dernière catégorie sont armées de tubercules pointus, et les Indris ont les fausses molaires un peu comprimées et touchantes comme celles des Carnivores. Enfin, le régime est autant insectivore, et même carnassier, que frugivore. Le sous-ordre des Lémuriens renferme d'ailleurs quelques types rares et exceptionnels, notamment le Potto et le Tarsier.

Les Galéopithèques, qui viennent ensuite, réunissent une foule de caractères anormaux, qui en font les plus singuliers peut-être des Mammifères. Le pouce n'est pas opposable, même aux pieds, et les doigts portent des ongles comprimés et crochus, analogues à ceux des chats ou des écureuils. Les organes de la reproduction ressemblent à ceux des Singes, et, comme ces derniers, les Galéopithèques n'ont qu'un petit par portée. La situation des mamelles, qui sont au nombre de quatre et munies chacune de deux mamelons, ainsi que la forme générale et les habitudes nocturnes, les rapprochent

des Lémuriens. D'un autre côté, ils tiennent des Insectivores par la forme et la disposition des molaires et des incisives, dont les inférieures ont une structure pectinée des plus singulières, et ils rappellent en même temps les Rongeurs par cette particularité que le cercle osseux de l'orbite est incomplet. Enfin, la membrane aliforme, qui réunit les doigts et les membres, et s'étend jusqu'à l'extrémité de la queue, ne se retrouve que chez quelques types rares et anormaux, comme les Polatouches, les Anomalures, les Pétauristes; elle n'a d'ailleurs que des analogies éloignées avec celle des Chauves-Souris et n'est pas établie d'après le même système. Le classement des Galéopithèques est donc fort embarrassant, aucune méthode ne permettant de tenir compte d'affinités aussi diverses. De Blainville les mettait à côté des Paresseux, et à la suite des Singes et des Lémuriens, dans le groupe de ses Quadrumanes anormaux. Cuvier et Is. Geoffroy Saint-Hilaire les réunissent aux Chéiroptères. La plupart des naturalistes de notre époque les joignent aux Lémuriens, ou en font un sous-ordre des Primates, de même valeur que ceux des Singes et des Lémuriens. C'est cette dernière opinion qui me paraît la meilleure. Pour nous, les Galéopithèques constituent donc le troisième sous ordre des Primates; mais vous reconnaîtrez que si, en les classant de cette manière, on tient compte de leurs affinités les plus nombreuses et les plus importantes, beaucoup d'autres ont dû être sacrifiées, notamment celles qui les rapprochent des Rongeurs, des Insectivores et des types à membrane aliforme cités plus haut.

Nous arrivons, par degrés presque insensibles, à l'ordre des Insectivores, que nous étudierons avant celui des Chéiroptères. Pour la première fois, nous rencontrons des animaux réellement terrestres, car les Primates vivent sur les arbres. Aussi diffèrent-ils de ces derniers par leur forme extérieure, qui appartient au type quadrupède des Carnassiers et des autres groupes qui nous restent à passer en revue. Les Insectivores sont plantigrades pour la plupart; ils n'ont jamais le pouce opposable, et leurs doigts sont armés de griffes. Leur dentition rappelle celle des Lémuriens, mais avec beaucoup plus de variations et de dispositions exceptionnelles. Les molaires, en effet, sont plus hérissées et en général plus nombreuses; souvent elles se distinguent mal des canines, lesquelles, à leur tour, peuvent ressembler tellement aux incisives en contact, que la séparation des catégories de dents n'est pas toujours facile. D'ailleurs rien de plus divers que la forme et le nombre des incisives. L'infériorité des Insectivores est indiquée par la verge à fourreau, l'utérus profondément bilobé, les mamelles ventrales, toutes particularités qui les rapprochent des Carnassiers et des Herbivores. D'autres caractères leur sont communs avec les Rongeurs et les Édentés, et les mettent presque au dernier degré de l'échelle; savoir, la forme et la structure du cerveau, dont les hémisphères, lisses et peu développés, ne recouvrent pas le cervelet, et sont réunis par un corps calleux également peu développé. Si les Rongeurs n'existaient pas, les Insectivores seraient les derniers des Hétérodontes. Ils se placent naturellement, ai-je dit, à la suite des Primates, auxquels ils sont reliés par les Tupaïas et genres voisins, qui vivent sur les arbres et dont la dentition ressemble extrêmement à celle des Lémuriens. Beaucoup moins important que l'ordre des Primates, celui des Insectivores est plus homogène. Malgré des diversités assez grandes, représentées par les types quelquefois exceptionnels des Ptilocerques, des Hérissons, des Macroscélides, des Desmans, des Taupes et des Musaraignes, on ne peut le diviser en sous-ordres, et les familles ou tribus n'ont pas la même valeur que celles des Primates. La méthode exige cependant qu'on les inscrive sur la même ligne.

Afin de mieux faire ressortir la transition des Primates aux Insectivores, j'ai négligé à dessein l'ordre des Chéiroptères, qui figure au tableau entre les deux précédents. Les Chéiroptères, en effet, participent des caractères de ces deux ordres. Ils rappellent les Primates par leur verge pendante et sans fourreau, la menstruation des femelles, les mamelles, qui sont pectorales et au nombre de deux seulement, et même par la disposition du pouce antérieur, qui peut être considéré comme opposable, et par la dentition d'une famille. Ils tiennent, au contraire, des Insectivores par leur utérus à cornes allongées, par la forme et la structure de l'encéphale et par la dentition et le régime, qui sont presque exactement les mêmes dans les deux ordres. Ces derniers caractères doivent évidemment l'emporter; et les Chéiroptères seraient rattachés aux Insectivores si d'autres particularités, notamment la conformation de l'appareil locomoteur, ne justifiaient leur érection en ordre séparé. La place à leur assigner ne peut donc embarrasser le classificateur, qui les inscrira entre les Primates et les Insectivores. Cependant leur intercalation pure et simple ne rend pas exactement compte de l'état des choses; elle a en outre l'inconvénient de rompre la grande série naturelle formée par ces deux ordres. Le moyen de tout concilier serait de placer les Chéiroptères, en série parallèle, à droite de la précédente, de manière que les Roussettes, qui ont à peu près la dentition et le régime des Singes, figurassent vis-à-vis de ceux-ci, et les autres Chauves-Souris en face des Insectivores. Pour éviter de la confusion dans le tableau, nous sommes obligés de placer entre les Primates et les Insectivores l'ordre des Chéiroptères, qui chevauche en réalité sur les premiers.

Il nous reste maintenant à déterminer la place que doivent occuper les Rongeurs dans le groupe des Hétérodontes. On les reconnaît aisément à leur dentition bien caractéristique. Ils n'ont, en effet, à chaque mâchoire qu'une grande incisive de forme particulière; ils manquent de canines; les molaires, séparées des incisives par une large barre, ont la couronne plate et la structure de celles des Herbivores; enfin, le condyle maxillaire est longitudinal et non transversal. Le régime, l'uniformité des molaires, le plus souvent à une seule racine, le grand développement de l'intestin et du cæcum, la grosseur des ongles, qui deviennent quelquefois de véritables sabots, les rattachent aux Herbivores et aux Édentés. Ils ont l'encéphale presque aussi imparfait que ceux-ci, car les lobes olfactifs prennent un grand développement, et les hémisphères sont fort petits, le plus souvent lisses, et ne recouvrent pas le cervelet. D'autres caractères, tirés des organes reproducteurs, les rapprochent des Marsupiaux. Ainsi l'utérus, toujours profondément bilobé, se dédouble chez quelques espèces en deux poches incubatrices distinctes, et les organes sexuels extérieurs sont quelquefois renfermés dans une sorte de cloaque.

Les Rongeurs sont incontestablement les plus dégradés des Hétérodontes; cependant on exprimerait mal leur importance relative, et surtout leurs affinités, si l'on se bornait à les réunir en un seul ordre, qu'on placerait à la suite des Insectivores. Depuis longtemps, en effet, il a été reconnu qu'ils reproduisent d'une manière extrêmement remarquable tous les types de ces derniers. Ainsi les Écureuils correspondent exac

tement aux Tupaïdes, les Porcs-Épics et les Coendous aux Érinacides, les Gerboises aux Macroscélides, les Ondatras aux Desmans, les Rats-Taupes aux Taupes, les petites espèces du genre Rat aux Musaraignes. Le groupe des Rongeurs renferme d'ailleurs quelques types qui ne sont pas représentés dans la série moins nombreuse des Insectivores. Ces correspondances ont une telle évidence, qu'à l'exemple de Geoffroy Saint-Hilaire, la plupart des zoologistes modernes font des Rongeurs un ordre qu'ils disposent en série parallèle à celui des Insectivores. Cependant les Rongeurs sont plus qu'un ordre. A mon avis, ils doivent former une grande série, parallèle non-seulement aux Insectivores, mais encore aux autres ordres des Hétérodontes, lesquels constituent ensemble la série linéaire des Hétérodontes normaux. Voici sur quoi est établie cette opinion.

Parmi les Rongeurs, il existe un de ces êtres qui semblent créés pour mettre à l'épreuve la patience et la sagacité des naturalistes: je veux parler de l'Aye-aye de Madagascar, aussi appelé Cheiromys. Ce nom indique un Rat qui aurait des mains. Si, en effet, le Cheiromys est un Rongeur par sa dentition, il est pédimane comme les Lémuriens, dont il a l'apparence extérieure, le cercle orbitaire complet et l'ongle subulé du deuxième orteil. Il rappelle encore les Primates par son cerveau considérable, l'absence de fissure à la lèvre supérieure, les yeux moins latéraux, les mamelles au nombre de deux, mais inguinales, et la disposition des os de l'avant-bras. La difficulté est si grande de décider lesquels doivent l'emporter des caractères qui font du Cheiromys un Singe ou un Rongeur, que les zoologistes ne sont pas d'accord sur la place à lui assigner. George et Frédéric Cuvier, ainsi qu'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, en faisaient un Rongeur, tandis que Schreber, de Blainville et Isidore Geoffroy Saint-Hilaire en faisaient un Quadrumane voisin des Lémuriens. Évidemment les uns et les autres ont raison. Or, la méthode des séries parallèles, souvent insuffisante, vient ici donner gain de cause à tout le monde. Il suffit de joindre l'Aye-aye aux Rongeurs, de constituer du tout une série parallèle à celle des Hétérodontes normaux, et de la diviser en deux ordres, les Cheiromydés et les Rongeurs proprement dits, auxquels on peut appliquer le nom de Gliriens, employé par Linné. On inscrira les Cheiromydés vis-à-vis des Lémuriens, et les Gliriens vis-à-vis des Insectivores. Le type des Chéiroptères n'est pas représenté dans la série des Rongeurs; ce qui n'a rien d'étonnant, si l'on considère que cette dernière devient ici la moins nombreuse, et que d'ailleurs des lacunes existent à chaque instant, aussi bien dans les grandes que dans les petites séries.

L'ordre des Cheiromydés renferme l'Aye-aye et peut-être le Pithéchéir de Duvaucel. Beaucoup plus étendu que celui des Insectivores, l'ordre des Gliriens est tout aussi compacte et ne peut être divisé qu'en familles ou tribus de la même importance que celles des Insectivores, auxquelles elles correspondent, avec quelques autres en plus, notamment celle des Lièvres, qui indiquent une dégradation plus considérable. Les lignes parallèles au moyen desquelles on figurerait les deux ordres commenceraient donc au même niveau, mais celle des Gliriens serait plus longue et descendrait plus bas. Ajoutons que les types anormaux y sont encore plus abondants et mieux caractérisés. Il y a, en effet, des Gliriens volants, comme les Ptéromys, les Sciuroptères et les Anomalures; les Gerboises exagèrent le type sauteur, représenté chez les Insectivores par les Macroscélides; les Hystricides sont plus variés que les Érinacides, et les Rats-Taupes plus aveugles que les Taupes; enfin, le Coendou reproduit une particul[arité] que nous n'avons encore vue que chez quelques Cébien[s] : il a la queue prenante.

Le deuxième groupe, celui des Carnassiers, ne forme q[ue] l'ordre unique des Carnivores, dont les principaux caract[ères] peuvent être ainsi résumés : Locomotion quadrupède; po[int] de mains; ongles comprimés en griffes, plus ou moins aig[us], quelquefois rétractiles; verge à fourreau, presque touj[ours] munie d'un os pénial considérable; mamelles pectorales [et] ventrales nombreuses; utérus à deux cornes; cerveau dé[ve]loppé, d'un type particulier, assez riche en circonvolutio[ns]. Cet ensemble dénote une élévation organique assez grand[e] et justifie la place plutôt élevée que moyenne assignée a[ux] Carnivores dans la série des Mammifères terrestres. Cet ord[re] est plus homogène qu'aucun de ceux que nous avons étudi[és] jusqu'ici; on ne peut le diviser qu'en tribus établies d'ap[rès] les formules dentaires, et reliées entre elles par d'assez no[m]breux genres fossiles. L'ancienne distinction des Plantigr[ades] et des Digitigrades ne peut plus avoir cours, car elle ro[mpt] une foule d'affinités. Les Carnivores ne sont pourtant [pas] complétement isolés dans le grand ensemble des Mammifè[res] terrestres. On doit y rapporter, en effet, un de ces êtres [bi]zarres réunissant les caractères de plusieurs ordres, le Qu[in]cajou, qui tient également des Primates, et en particulier [des] Singes et des Lémuriens, par la forme arrondie de la tête [et] des oreilles, l'aplatissement de la couronne des grosses m[o]laires, la queue prenante, et les mamelles au nombre de d[eux] seulement. Les Coatis rappellent les Lémuriens d'une m[a]nière bien plus éloignée, et il en est de même des Ictid[es].

Le groupe des Herbivores se divise pour nous en deux [or]dres seulement, les Proboscidiens et les Ongulés. L'ordre [des] Proboscidiens est le mieux caractérisé peut-être de toute [la] classe. La grandeur de la taille, la forme extérieure, l'ex[is]tence d'une trompe, la dentition, etc., le séparent nettem[ent] de tous les autres. Le développement du cerveau, très-riche en circonvolutions, et d'autres particularités, notamment le nombre et la situation des mamelles, qui sont pectorales, placent les Proboscidiens à la tête des Herbivores et leur assignent, dans la classe, un rang au moins équivalent à celui des premiers Carnassiers. Ils se rapprochent pourtant singulièrement des Rongeurs par leur dentition. Les molaires de l'Éléphant ont à peu près la structure de la grande molaire des Cabiais, et se remplacent comme celles de certains Rongeurs; les canines manquent; les incisives ou défenses, au nombre de deux, n'existent, il est vrai, qu'à la mâchoire supérieure chez les Éléphants, mais dans le genre éteint des Mastodontes elles sont revêtues de la couche extérieure d'émail si caractéristique, et il y a de petites incisives inférieures. Je n'ose cependant introduire les Proboscidiens dans la série des Rongeurs, et en faire des Herbivores rongeurs, parce que nous ne connaissons pas encore suffisamment certains représentants fossiles de cet ordre, par exemple les Dinotherium; et je ne veux pas prendre sur moi de décider si les Proboscidiens appartiennent réellement à cette série, ou s'ils n'offrent pas plutôt un nouvel exemple de ces réunions de caractères contradictoires déjà signalées, notamment chez les Galéopithèques et chez le Quincajou.

A mon avis, tous les autres Herbivores doivent être réunis dans un seul et même ordre, que l'on peut appeler des Ongulés. Un peu détourné de son acception habituelle, ce mot a ici un sens plus restreint, mais aussi plus précis. Les Ongulés se

visent en trois sous-ordres : les Pachydermes, les Bisulques et les Ruminants.

Le mot Pachydermes est aussi employé dans une signification plus restreinte que d'habitude. Il désigne, pour nous, seulement les Ongulés à doigts impairs, avec le médius prédominant, qui ont l'estomac simple, et dont le fémur porte un troisième trochanter. Ils forment eux-mêmes les tribus des Damans, des Rhinocéros, des Tapirs et Lophiodons, des Palæotherium, des Anchitherium et Chevaux.

Le sous-ordre des Bisulques comprend les Ongulés ayant les doigts en nombre pair et disposés de telle sorte, que le troisième et le quatrième, toujours plus développés, forment, par leur rapprochement, une pince analogue à celle des Ruminants. Leurs métacarpiens ne sont point soudés en un canon; ils manquent de troisième trochanter au fémur; leur estomac, déjà compliqué chez plusieurs espèces, n'est cependant pas organisé pour la rumination, au moins chez les représentants actuels de cet ordre. Ils constituent les familles des Hippopotames, des Cochons et des Anoplotherium.

Enfin, les Ruminants ont les extrémités conformées comme les Bisulques, et manquent également de troisième trochanter; mais leurs métacarpiens sont réunis en un canon, et ils ruminent. S'il n'existait des passages entre eux et les Bisulques, on pourrait en former un troisième ordre des Herbivores, car ils se séparent encore de tous les autres par l'absence des incisives supérieures, la structure des molaires, dont l'émail est disposé en croissant, la présence à peu près constante de cornes ou de bois, enfin une disposition particulière de la verge. Ils forment les tribus des Chevrotains, des Chameaux, des Girafes et Cerfs, des Bœufs et Antilopes. De même que les sous-ordres précédents, ils comptent un grand nombre de genres fossiles, qui établissent souvent un passage entre les diverses tribus actuelles.

Je dois maintenant justifier le classement que je propose du groupe des Herbivores, et je le ferai en essayant de prouver qu'il est moins défectueux que tous les autres.

Depuis longtemps déjà on a séparé les Proboscidiens de l'ancien ordre, si mal établi, des Pachydermes, et cette manière de voir, à peu près universellement admise, s'appuie sur des faits tellement évidents, que je n'insisterai pas à cet égard. Les autres Herbivores sont ordinairement disposés de deux manières différentes par les naturalistes de notre époque : les uns conservent les ordres des Pachydermes et des Ruminants tels qu'ils ont été établis par Cuvier, en retranchant toutefois les Éléphants du premier; les autres retranchent encore les Bisulques des Pachydermes, qui demeurent ainsi réduits aux types à doigts impairs, et ils les joignent aux Ruminants. Un moyen terme me semble préférable. Je ne crois pas que l'existence d'un troisième trochanter au fémur et la prédominance du doigt moyen puissent légitimer la séparation en ordres distincts d'animaux aussi rapprochés que les Ongulés à doigts impairs et à doigts pairs. D'un autre côté, les Bisulques sont rattachés aux Ruminants par des intermédiaires si nombreux et si remarquables, qu'il n'y a pas lieu non plus de les séparer. Ainsi, pour ne citer que les faits les plus connus, je rappellerai que la dentition des Ruminants se retrouve en partie dans une famille de Pachydermes, les Palæotherium, dont les molaires inférieures ont un double croissant. Elle se retrouve encore davantage chez les Anoplotherium, qui n'ont plus que deux doigts, et qui réunissent à un tel point les caractères des deux sous-ordres, qu'on peut hésiter sur la place à leur assigner. Je citerai encore le Chevrotain, qui est un ruminant sans cornes, manquant d'estomac feuillet, et dont les métacarpiens ne sont point soudés en canon; puis le Pécari, qui est un Bisulque ayant l'estomac multiple et les métatarsiens réunis à leur partie supérieure en un demi-canon. J'ajouterai que plusieurs autres Bisulques, notamment l'Hippopotame, ont aussi l'estomac compliqué; que les Chameaux et les Lamas, qui manquent de cornes, ont des incisives supérieures, et que ces mêmes dents existent souvent à l'état rudimentaire, pendant la vie intra-utérine, chez les autres Ruminants. Il est donc bien difficile de tracer une ligne de démarcation précise entre les Bisulques et les Ruminants, et c'est justement pour cela qu'on les réunit dans un même ordre. Par conséquent, les groupes des Pachydermes, des Bisulques et des Ruminants n'ont au plus que la valeur de sous-ordres.

Considéré d'une manière générale, l'ordre des Ongulés se compose de genres appartenant tous, il est vrai, au type quadrupède et terrestre, mais variant beaucoup dans les détails de la forme et dans une foule de caractères, ce qui en fait un ensemble assez hétérogène et difficile à ordonner dans les classifications. Les Herbivores ne présentent d'ailleurs que très-rarement des types rares ou ambigus, au moins dans la faune actuelle. On n'en peut guère citer que deux exemples : le Chevrotain, rapproché des Carnivores par son placenta zonaire, et le Daman, dont le placenta est également zonaire, et qui rappelle les Rongeurs par son cerveau presque lisse, sa petite taille et ses incisives supérieures, le Rhinocéros par ses molaires et d'autres particularités, et même un peu les Lémuriens par l'ongle subulé de son index postérieur.

J'ai déjà indiqué une partie des caractères qui placent les Hétérodontes au dernier rang des Mammifères monodelphes. J'ajouterai que leur infériorité est encore décelée par plusieurs détails du squelette, de l'appareil digestif, et surtout des organes reproducteurs. Ainsi, chez la plupart, l'utérus s'ouvre dans le vagin par deux orifices, et les voies génito-urinaires débouchent fort près de l'anus. Tous ces animaux ont, d'ailleurs les mouvements très-lents, et l'irritabilité musculaire persiste longtemps après la mort, comme chez les Vertébrés à sang froid. Le groupe des Homodontes ne constitue qu'un seul ordre, celui des Édentés, qui se divise lui-même en deux sous-ordres, les Paresseux ou Bradypes, et les Édentés proprement dits.

Les Paresseux nous offrent un exemple de plus de ces êtres rattachés à la fois aux types élevés et aux types dégradés par des caractères disparates, entre lesquels il n'est pas facile d'établir la balance. C'est ainsi que Linné et de Blainville les ont réunis aux Primates, puis aux Édentés. Au contraire, Cuvier les a toujours considérés comme faisant partie de ce dernier ordre, et son opinion a prévalu. Les Paresseux ont en effet l'apparence extérieure des Singes et appartiennent au même type; leur placenta subdiscoïde les rapproche également des Primates, ainsi que la forme de l'utérus; ils ont deux mamelles pectorales et sont unipares. Mais, d'un autre côté, la double perforation de leur matrice, la constitution de l'encéphale, la dentition, la conformation des membres et des extrémités, armées d'ongles énormes, sont autant de caractères qui les rattachent aux Édentés. J'ajouterai que les Paresseux offrent cette exception unique dans la classe des Mammifères, d'avoir plus de sept vertèbres cervicales, particularité fort commune, au contraire, chez les Vertébrés inférieurs. Enfin,

la famille éteinte des Megatherium vient remplir l'intervalle qui les sépare des Édentés ordinaires. Ces derniers constituent les familles des Tatous, des Oryctéropes, des Fourmiliers et des Pangolins.

Nous arrivons à la grande série des Mammifères aquatiques ou pisciformes. Elle ne renferme que trois ordres : les Amphibies, les Sirénides et les Cétacés. Les Amphibies ont quatre membres complets et sont placés en regard des Carnassiers. Ils font, en effet, partie du même groupe, auquel ils se rattachent par leur placentation zonaire, par le développement et la structure de l'encéphale, enfin par la dentition et le régime. Ces affinités sont tellement manifestes, qu'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire lui-même laisse ces animaux dans l'ordre des Carnivores. Ils ne renferment que les deux familles des Phoques et des Morses.

Les Sirénides n'ont plus que les deux membres antérieurs, et l'ordre entier ne se compose actuellement que des trois genres Lamantin, Dugong et Rhytine, qui pourraient servir de types à autant de familles distinctes. Ces animaux sont les représentants marins du groupe des Herbivores, dont ils ont la placentation diffuse et le cerveau à circonvolutions; leurs analogies avec l'ancien ordre des Pachydermes, et en particulier les Proboscidiens, sont telles, que de Blainville les réunissait à ses Ongulogrades, et qu'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire les mettait en face de ses Pachydermes. En prenant une sorte de moyenne, on est conduit à les placer en regard des Proboscidiens et des Ongulés, et à les inscrire, dans leur série, vis-à-vis de l'intervalle qui sépare ces deux ordres. Quelques particularités du squelette, et notamment la structure de la tête, rapprochent tous les Sirénides des Proboscidiens, mais la forme des molaires rattache le Lamantin aux Tapirs et à certains Bisulques, et les Rhytines manquent de dents comme les Édentés.

Enfin, les Cétacés, qui n'ont également que les membres antérieurs, et dont les narines sont transformées en évents, appartiennent encore au groupe des Mammifères à placenta diffus ; ils doivent être inscrits à leur colonne, entre les Ruminants et les Édentés. Ils ont un cerveau à circonvolutions et un estomac multiple, comme les premiers, et quand les dents ne font pas absolument défaut, elles sont toutes uniformes et à une seule racine, comme celles des Édentés. On voit que dans la série des Mammifères aquatiques, le groupe des Hétérodontes n'est pas représenté.

Les Didelphes, qui nous restent à examiner, forment eux-mêmes deux séries de second ordre, les Marsupiaux et les Monotrêmes. La première a été suffisamment définie, car on peut lui appliquer tous les caractères précédemment énumérés pour justifier la séparation des Mammifères didelphes en sous-classe.

La série des Monotrêmes se distingue par la prédominance des organes reproducteurs du côté gauche, leur séparation plus complète de ceux de droite, l'absence de vagin, l'existence d'un vrai cloaque, et certaines particularités du squelette; tous caractères qu'on ne retrouve que chez les Oiseaux et les Reptiles, et qui mettent ces Mammifères beaucoup au-dessous des autres. Ils n'ont d'ailleurs pas de poche marsupiale.

Occupons-nous d'abord de la première série. Elle se divise en quatre ordres, principalement caractérisés par leur dentition et correspondant aux ordres des Monodelphes, en face desquels ils figurent au tableau : ce sont les Insectivores, les Gliriens, les Carnivores et les Demi-Rongeurs. En dehors de leurs caractères distinctifs et essentiels, ces ordres présentent habituellement une foule de particularités bizarres qui font des Marsupiaux les plus singuliers des Mammifères. Il est rare que les types didelphes, qui paraissent correspondre le plus exactement à leurs analogues monodelphes, ne s'en écartent par quelque trait exceptionnel, souvent inconnu chez ces derniers. Ici donc la variété est plus grande, et la bizarrerie constitue la règle.

Les Insectivores marsupiaux ont les mêmes caractères généraux que les Insectivores ordinaires; seulement, tandis que ceux-ci n'offrent que fort peu de ces anomalies, assez fréquentes chez les Gliriens, c'est le contraire qui a lieu dans la série dont nous nous occupons. Il serait difficile que les choses se passassent autrement, puisque les Rongeurs marsupiaux ne sont représentés que par un seul genre. Les Insectivores réunissent donc à la fois les types exceptionnels des Insectivores et des Gliriens ordinaires; ils se rapprochent encore des Primates à certains égards. Ainsi les Sarigues tiennent à la fois des Tupaïas et des Écureuils, en même temps qu'elles sont pédimanes comme les Lémuriens, et qu'elles ont la queue prenante comme les Cébiens et le Coendou. Les Paramélides, qui correspondent aux Érinacides, ont les extrémités singulièrement conformées, et présentent cette curieuse réunion de l'index et du troisième doigt postérieurs, qui caractérise les Marsupiaux syndactyles. Les Myrmécobides rappellent les Tupaïas et les Mangoustes. Enfin, les Phascogales, qui peuvent être réunis aux Insectivores, faute de place plus convenable, et qui établissent le passage aux Carnivores, ont les pouces inférieurs sans ongles et opposables.

Les Gliriens ne sont représentés que par le Phascolome, lequel, sauf les particularités qui font de lui un Didelphe, ne se distingue en rien des Gliriens ordinaires, et ressemble à une grosse Marmotte écourtée.

De même que chez les Monodelphes, l'ordre des Carnivores est ici le plus homogène ; il est également le mieux caractérisé et le plus naturel après celui des Gliriens, et il s'écarte moins des types normaux. Ainsi les Dasyures ressemblent aux Genettes et aux Mangoustes, dont ils ont les habitudes. Le Sarcophile ourson rappelle le Glouton du Nord par sa forme et sa voracité. De tous les Mammifères, c'est celui dont l'encéphale est le moins développé, et à cet égard il se rapproche des Vertébrés inférieurs. Le Thylacine, ou Loup de Tasmanie, ressemble, par sa dentition anormale, à certains genres éteints, notamment aux Hyénodons. Il n'a, en effet, qu'une seule tuberculeuse supérieure, et ses grosses molaires, au nombre de trois à chaque mâchoire, se ressemblent tellement, qu'aucune ne peut représenter plus particulièrement la carnassière. C'est en outre le moins didelphe de la série, car il a les os marsupiaux rudimentaires.

Très-nettement caractérisé par sa dentition, l'ordre des Demi-Rongeurs renferme d'ailleurs les types les plus divers et les plus singuliers. La mâchoire supérieure est ordinairement munie des trois sortes de dents, dont le nombre et la forme varient dans d'assez larges limites. La mâchoire inférieure, au contraire, est celle des Rongeurs. Elle a en effet une incisive unique et en biseau, séparée des molaires par une large barre ; mais, comme la bizarrerie se remarque partout dans l'ordre des Demi-Rongeurs, cette barre est quelquefois occupée par de petites dents rudimentaires en forme de bourgeons. Il semble, au premier abord, que cet ordre ne

correspond à aucun de ceux des Monodelphes, et que la sous-classe des Didelphes, bien que la moins nombreuse, offre ici le type qui manque dans la grande série. Si l'on étudie cependant la forme des molaires, puis les organes digestifs, le régime, les habitudes, on ne tarde pas à se convaincre que les Demi-Rongeurs représentent les groupes des Herbivores et des Homodontes. Telles sont d'ailleurs la diversité des types et l'abondance des caractères exceptionnels, qu'ils rappellent aussi, à plusieurs égards, les Insectivores, et même les Primates.

Les Pétauristes ont les membranes aliformes des Polatouches, et quelquefois la queue prenante; ils établissent une transition aux Insectivores. Les Phalangers sont pédimanes, et dans quelques genres les doigts forment deux paquets opposables, comme ceux du Caméléon; ils rappellent les Insectivores et les Lémuriens. Les Phascolarctes sont des animaux sans queue, à la fois pédimanes et syndactyles; ils se rapprochent des Damans. La famille des Macropodes, qui se compose des Kangurous et genres voisins, renferme les plus franchement herbivores de tous les Marsupiaux. Tout en rappelant les Tapirs par leur dentition et leur régime, les Ruminants et les Bisulques par leur estomac compliqué, ils reproduisent le type si extraordinaire des Gerboises et des Macroscélides par l'extrême développement de leurs membres postérieurs. Ils sont en outre syndactyles. A la fois syndactyles et pédimanes, les Tarsipèdes ont les ongles des doigts libres aplatis comme ceux des Primates, et la queue prenante. Leurs dents uniformes, rudimentaires et caduques, en feraient des Édentés, si les deux incisives inférieures ne les rattachaient aux Demi-Rongeurs. La forme de certaines parties de la tête, notamment du maxillaire inférieur, et d'autres caractères, les rapprochent également des Édentés. L'ordre des Demi-Rongeurs est donc le plus singulier d'une sous-classe fort singulière elle-même.

Restent les Monotrêmes, dont je n'ai que peu de chose à dire. Ils ont été considérés avec raison, par tous les naturalistes, comme analogues aux Édentés. On n'en connaît que deux genres. L'Échidné rappelle à la fois le Hérisson et le Fourmilier. L'Ornithorhynque, assez semblable aux Loutres par la forme extérieure, s'éloigne de tous les Mammifères par son bec de canard, la structure singulière des mamelles, le nombre et la disposition des os de l'épaule, l'ergot et la glande des extrémités postérieures du mâle, toutes particularités qui en font un animal fort extraordinaire et presque paradoxal.

Ne nous dissimulons pas cependant que l'arrangement actuel des Didelphes est provisoire, et qu'il recevra sans doute dans l'avenir des modifications en rapport avec les progrès de la science. La formule dentaire, sur laquelle il repose en grande partie, perd de son importance à mesure qu'on descend dans l'embranchement des Vertébrés, et même dans la classe des Mammifères; il n'est peut-être pas légitime de lui attribuer ici la même valeur que chez les Monodelphes. Le caractère si précieux de la placentation fait défaut, et les analogies avec les Mammifères normaux peuvent induire en erreur. Mais, d'un autre côté, l'emploi de certains caractères particuliers aux Didelphes, et réellement exceptionnels en ce qui concerne les Mammifères en général, ne me semble pas heureux; aussi l'ordre des Marsupiaux syndactyles, adopté par quelques auteurs, n'est-il pas plus naturel, à mon avis, que le groupe de même nom chez les Oiseaux. La classification que je vous expose est sans doute quelque peu artificielle, puisqu'elle a pour base principale le caractère unique de la dentition; mais elle me semble la moins imparfaite, car elle tient compte des plus nombreuses analogies. C'est, à peu de chose près, celle d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire. Et ce que je dis des Didelphes s'applique aussi aux Monodelphes dans une certaine mesure : leur classification subira, comme toute chose, l'influence des progrès et des découvertes. Puisse l'essai que je vous présente n'être pas trop au-dessous des besoins de la science actuelle!

CH. CONTEJEAN.

VARIÉTÉS.

Le Sidérostat.

Dans l'une des dernières séances de l'Académie des sciences (2 mars), M. H. Sainte-Claire Deville a fait connaître un instrument imaginé par Léon Foucault vers 1865, désigné par lui sous le nom de *sidérostat*, et que le célèbre physicien destinait spécialement à l'étude des propriétés de la lumière des astres.

La mort a empêché Léon Foucault de réaliser un projet auquel il attachait, paraît-il, une importance capitale, et dont il préparait les éléments avec la sage lenteur qu'il apportait à tous ses travaux. Il avait choisi pour collaborateurs M. Wolf, astronome de l'Observatoire, et M. Eichens, constructeur, qui avait déjà exécuté aux frais de M. Foucault un modèle de bois du sidérostat. Voici comment M. H. Deville expose l'objet principal de l'appareil et en décrit les parties essentielles :

« La disposition habituelle des instruments astronomiques, lunettes ou télescopes, ne permet pas d'y adapter aisément les appareils nécessaires à l'étude des propriétés de la lumière des astres (photométrie, photographie, polarisation, spectroscopie). De plus, l'instabilité des équatoriaux devient très-grande, lorsqu'on y adapte des appareils souvent lourds et excentriques, qui détruisent l'équilibre.

» Le sidérostat a pour but d'éviter ces inconvénients, et de permettre à l'astronome d'observer la lumière des astres exactement comme le physicien étudie la lumière du soleil dans la chambre obscure, en employant à ces recherches les instruments qui se trouvent dans les cabinets de physique et sans avoir à en changer ni la forme ni la disposition.

» Le sidérostat se compose essentiellement : 1° d'un miroir plan argenté, mû par une horloge, de manière à renvoyer dans une direction horizontale constante les rayons de l'astre que l'on veut observer ; 2° d'un appareil objectif fixe, réflecteur ou réfracteur, qui concentre ces rayons en son foyer (1). Ce foyer se trouve à l'orifice d'une chambre obscure qui peut être chauffée au besoin, et dans laquelle l'astronome se livre à son aise, sans fatigue et sans souffrance, à toutes les expériences et à toutes les mesures qu'il désire exécuter. Des manettes lui donnent le moyen d'agir sur le miroir et d'en changer à volonté la direction. »

Plus loin M. H. Deville ajoute les réflexions suivantes :

« L'astronomie physique, en France, ne peut disposer d'appareils aussi parfaits que ceux qui sont possédés par les étrangers. Avec le sidérostat, notre pays prenait immédiatement l'avance : telle était l'opinion de M. Foucault ; elle détermina la résolution qu'il ne put accomplir.

» En Allemagne, M. Steinheil a déjà commencé à construire des si-

(1) La fixité de l'appareil objectif présente cet avantage considérable d'éliminer toute influence des flexions du miroir ou des lentilles, flexions impossibles à éviter complétement lorsque ces verres ont à prendre diverses positions dans l'espace. Il est vrai qu'il reste la flexion du miroir plan ; mais rien ne limite l'épaisseur du miroir, puisqu'il est porté par des axes extrêmement courts. (Note de M. H. Sainte-Claire Deville.)

dérostats; mais l'utilité de ces appareils est bornée par l'impossibilité où il se trouve de faire un miroir plan de grandes dimensions. A cause de retards prolongés qui n'ont pas dépendu de M. Foucault, et par l'effet de sa mort prématurée, nous pourrons un jour ou l'autre être frustrés de la gloire de réaliser une des idées les plus fécondes qui aient été émises pour l'étude de la physique des astres.

» Aujourd'hui la nécessité du sidérostat est plus urgente encore. On parle d'envoyer une expédition astronomique observer la prochaine éclipse de soleil à Bornéo, Le sidérostat trouverait là, pour la photographie et l'analyse spectrale, une application indispensable. »

Je bornerai là les citations empruntées à la communication de M. H. Sainte-Claire Deville. Ce n'est ni le lieu ni le moment d'apprécier la portée des applications du principe du sidérostat indiquées dans la note du savant académicien. Je m'en tiendrai donc à celle de ces applications qui est mentionnée expressément dans le dernier paragraphe que je viens de reproduire, c'est-à-dire à l'emploi du sidérostat pour observer photographiquement les éclipses de soleil.

Celle-là, en effet, n'existe pas seulement à l'état de projet; elle a été réalisée dans une circonstance dont la date est précise, par M. Aimé Girard et par moi, le 18 juillet 1860, à l'occasion de l'éclipse totale de soleil que nous avions été observer à Bathna (Algérie).

Comme une application aussi nette que celle dont il s'agit suppose le principe même de l'instrument bien établi, je suis amené à déclarer formellement que ce principe et ses incontestables avantages ne m'avaient point échappé. Je vais, au surplus, rapporter par quelle voie nous y avons été conduit. On pourra en conclure une fois de plus, si l'on veut, que *nécessité est mère d'industrie*.

J'extrais textuellement du mémoire que j'ai lu à l'Académie des sciences, le 17 septembre 1860 (voyez *Comptes rendus*, t. LI, p. 441 et suiv.), et sur lequel un rapport a été fait le 24 décembre de la même année par M. Faye, en son nom et au nom de MM. Babinet et Delaunay (voyez *Comptes rendus*, t. LI, p. 990 et suiv.), les détails suivants relatifs à l'organisation de la commission de l'École polytechnique chargée d'aller observer l'éclipse en Algérie.

« Le 29 mai dernier (1860), M. le ministre de la guerre m'autorisait, sur ma demande, à aller en Algérie pour y observer l'éclipse totale qui devait avoir lieu le 18 juillet suivant. Un peu plus tard, le 19 juin, sur la proposition de M. le général Eblé, commandant l'École polytechnique, Son Excellence décidait en outre que M. Mannheim, capitaine d'artillerie, répétiteur à cette école, me serait adjoint, et que M. Girard, conservateur des collections scientifiques, serait attaché à l'expédition en qualité de photographe.

» De son côté, M. le ministre de la marine désignait M. Salicis, lieutenant de vaisseau, répétiteur à la même école, pour prendre part à nos observations; enfin, M. Bour, ingénieur des mines et répétiteur à l'École, autorisé par M. le général Eblé, vint se joindre à nous au moment du départ.

» Après avoir fait nos préparatifs avec la plus grande diligence, nous partions de Marseille pour Philippeville, MM. Salicis, Mannheim, Bour et moi, et nous arrivions à Bathna le 6 juillet; M. Girard nous y rejoignit le 13. »

Les dates que je viens de citer et qui sont consignées dans des pièces officielles pourraient se passer de commentaire. La commission, on vient de le voir, était nommée le 19 juin, et le 29 du même mois elle s'embarquait à Marseille. Il avait donc fallu, en moins de dix jours, réunir les instruments nécessaires en vue de l'observation complète du phénomène. Les collections de l'École polytechnique et du dépôt de la marine nous étaient ouvertes, à la vérité, et plusieurs personnes dévouées aux progrès de la science contribuèrent à nous pourvoir (1). Mais l'instrument qui devait servir à prendre les images photographiques des phases de l'éclipse n'existait ni dans les collections mises à notre disposition, ni chez les artistes qui nous prêtaient généreusement leur concours. Nous aurions désiré emporter, comme le firent M. Warren de la Rue et le P. Secchi, en Espagne, une grande lunette montée équatorialement et munie d'une petite chambre obscure.

Le temps nous manquait d'une part, et d'ailleurs le crédit accordé par le ministre était et ne pouvait être que très-limité. Il fallait nous tirer d'affaire avec une lunette ordinaire. C'est alors que nous songeâmes à l'héliostat. J'hésitais beaucoup à recourir à cet appareil, et mes motifs n'étaient que trop fondés. Nous savions, à n'en pas douter, que la lumière de l'auréole et de la couronne qui apparaissent autour du disque obscur de la lune, pendant l'éclipse totale, était incomparablement plus faible que celle du croissant le plus délié du soleil. Or, l'objet le plus intéressant à atteindre, c'était précisément de fixer par la photographie cette phase si curieuse du phénomène, les phases de l'éclipse partielle pouvant être obtenues partout ailleurs que sur la ligne de l'éclipse centrale. Mon collaborateur, M. Aimé Girard, confiant dans la délicatesse des préparations photographiques qu'il devait employer, insistait pour l'adoption de l'appareil composé d'une lunette et de l'héliostat. Faute de mieux, je me décidai. Malheureusement mes prévisions se réalisèrent, et les pertes de lumière causées par la réflexion (la faible ouverture de la lunette ne suffisant pas à les compenser) enlevèrent à l'image de la couronne l'intensité lumineuse nécessaire pour déterminer un effet sensible (2). Mais, tout en redoutant cet insuccès, j'avais été conduit à réfléchir aux avantages que pourrait offrir la *fixité de la lunette dans une direction horizontale parfaitement déterminée*, c'est-à-dire rapportée astronomiquement au méridien, et je ne tardai pas à m'apercevoir que j'avais entre les mains un instrument qui pouvait acquérir un remarquable degré de précision, supérieur, à coup sûr, à celui que comportent les lunettes montées équatorialement. Je m'efforçai alors d'étudier avec soin les conditions de son installation, et je cherchai à établir sa théorie. Cette théorie se trouve exposée avec tous les détails nécessaires dans le chapitre V du mémoire que j'ai cité précédemment. Je vais la transcrire ici sans y changer un mot et sans y ajouter une phrase, pour éviter d'encourir le reproche d'avoir fait après coup les réflexions qui doivent, suivant moi, décider de l'importance qu'il convient d'accorder au sidérostat considéré au point de vue de ses applications astronomiques proprement dites (3).

(1) C'est un devoir pour nous de citer les noms de MM. Babinet, Walferdin, Laugier, Brunner et Winnerl.

(2) Nous avions cependant substitué au miroir métallique de l'héliostat de Silbermann un miroir de verre argenté construit par Froment et vérifié par L. Foucault lui-même. Il faut d'ailleurs ajouter que la température excessive qui régnait dans le laboratoire de M. Girard a contribué à l'insuccès de tentatives conduites avec le tact et l'habileté d'un observateur consommé. Les intéressantes épreuves des éclipses partielles voisines de la totalité nous dédommagèrent d'ailleurs de cet échec partiel.

(3) Le manuscrit du mémoire que j'avais soumis à l'Académie, et qui a été remis en ma possession après la lecture du rapport de M. Faye, a été paraphé au secrétariat le 17 septembre 1860. C'est ce manuscrit que je reproduis ici textuellement.

APPAREIL ET OPÉRATIONS PHOTOGRAPHIQUES.

« *Description de l'appareil* (1). — L'appareil qui a servi à obtenir les images photographiques des phases de l'éclipse se composait essentiellement d'une lunette de Brunner de $0^m,064$ d'ouverture et de $0^m,60$ de longueur focale, à laquelle on avait adapté une petite chambre obscure du côté de l'oculaire.

» L'image du soleil était projetée dans cette lunette, qui devait conserver une direction constante, à l'aide d'un héliostat de Silbermann dont le miroir métallique avait été remplacé par un excellent miroir de verre argenté.

» En retirant un peu l'oculaire de son tuyau, sans l'en faire sortir tout à fait, les rayons lumineux, après avoir formé une première image au foyer de l'objectif, traversaient cet oculaire, et venaient former extérieurement une seconde image réelle que l'on pouvait recevoir sur la plaque dépolie ou sur une plaque sensible.

» Au-devant de l'objectif, entre la lunette et l'héliostat, on plaçait un obturateur indépendant du reste de l'appareil et réuni à la lunette par une coiffe d'étoffe noire. L'impression de l'image solaire se produisant avec une extrême rapidité, l'objectif n'était découvert que pendant la chute d'un écran de bois mince, percé d'une fente horizontale dont on pouvait régler la largeur à volonté, selon l'intensité lumineuse de l'image (2). Cette intensité pouvait aussi être atténuée par l'emploi de diaphragmes placés devant l'objectif.

» *Expériences préalables. — Dimensions de l'image du soleil.* — Les épreuves étaient prises sur collodion sec, et les quelques expériences faites avant le départ nous avaient donné la certitude d'obtenir les phases de l'éclipse partielle. La force de l'oculaire avait été calculée de manière à donner une image très-nette du soleil de $0^m,05$ de diamètre, et dans les essais que nous avions faits à Paris, les taches du soleil étaient très-distinctes sur les clichés.

» *Inconvénients de l'appareil pendant l'éclipse totale.* — L'emploi de l'héliostat et l'amplification de l'image à travers l'oculaire affaiblissaient trop la lumière pour que l'on pût compter sûrement obtenir l'éclipse totale, mais nous avions dû, faute de temps, renoncer à avoir un appareil monté équatorialement, et, pour que les épreuves des phases partielles présentassent de l'intérêt, il nous avait paru nécessaire de les exécuter immédiatement avec des dimensions un peu plus considérables que celles sous lesquelles se forme l'image du soleil au foyer de l'objectif d'une lunette même assez grande. Enfin, il n'était pas absolument déraisonnable d'espérer qu'en employant des préparations très-sensibles, et en *laissant poser* jusqu'à une minute, on pût arriver à quelque résultat pendant l'éclipse totale. Dans tous les cas, il convenait d'en faire l'essai, dût-on arriver à un résultat négatif.

» *Images symétriques produites par la réflexion sur le miroir de l'héliostat.* — La réflexion sur le miroir de l'héliostat avait encore l'inconvénient de donner des images *symétriques* qui ne se trouvent pas redressées sur les épreuves positives, mais cet inconvénient était compensé par la *parfaite stabilité* de l'appareil photographique. On pouvait d'ailleurs diriger la lunette de manière à simplifier les calculs nécessaires pour déterminer, sur chacune des images, l'angle de position de la ligne des centres du soleil et de la lune, qui est un élément essentiel du mouvement relatif du dernier de ces deux astres. Au reste, on obtiendrait à la rigueur des épreuves positives redressées en retournant les verres des négatives pendant l'exposition au soleil (1); mais ces épreuves sont moins nettes, et j'ai préféré employer les images symétriques et exécuter les opérations graphiques au verso (2). Pour voir la phase dans sa vraie position (ou plutôt sous sa vraie forme), quand on a une épreuve symétrique, il suffit d'ailleurs de la regarder dans une glace ou par transparence.

» *Marche des rayons lumineux dans l'appareil.* — Pour pouvoir faire un emploi utile des images photographiques des phases de l'éclipse, il faut d'abord se rendre un compte exact de la manière dont elles se produisent dans l'appareil.

» A cet effet, soient (fig. 88) OO′ l'axe optique de la lunette LL′ dirigée horizontalement, MM′ le miroir de l'hélio-

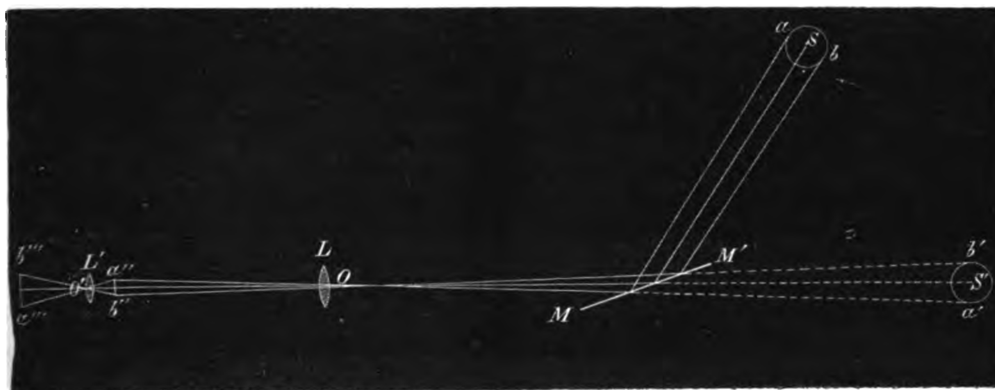


FIG. 88. — Figure théorique du sidérostat.

(1) Je n'avais pas donné de nom à cet appareil. J'adopte volontiers celui de *sidérostat*, qui a le double mérite d'être parfaitement approprié et de venir d'un homme aussi considérable que L. Foucault.

(2) Cette disposition avait été étudiée avec beaucoup de soin par M. A. Girard, et répondait parfaitement à son objet. (*Note ajoutée.*)

(1) Ou bien au moyen de deux reproductions consécutives, la première sur une glace, et la seconde sur papier; ce que nous avons fait depuis. (*Note ajoutée.*)

(2) Dans la crainte d'exposer les clichés à être brisés, je n'avais présenté à l'Académie que des épreuves positives sur papier, et c'est à ces épreuves qu'il est fait allusion dans ce paragraphe. En opérant directement sur les clichés, l'inconvénient dont il s'agit disparaît, car alors l'image est redressée. (*Note ajoutée.*)

stat et S le centre du soleil; soient enfin a et b les deux extrémités du diamètre apparent de cet astre situé dans le plan de réflexion du point S que nous pouvons prendre pour plan de la figure, le centre de l'image devant être situé sur l'axe optique OO′.

» Les rayons réfléchis à la surface du miroir MM′ entrent dans la lunette comme s'ils partaient de l'image virtuelle $a'b$ symétrique de ab par rapport au plan du miroir; ils forment ensuite au foyer de l'objectif en $a''b''$, une image renversée de la première, puis une autre image renversée de nouveau en $a'''b'''$, au foyer conjugué de l'oculaire, où l'on dispose verticalement la plaque sensible sur laquelle vient se faire l'épreuve négative. Or, il est évident que les deux renversements successifs produits par l'objectif et par l'oculaire s'annulent simplement, et que l'image $a'''b'''$ vue par transparence, ou, ce qui revient au même, en épreuve positive, reste semblable à $a'b'$ ou symétrique de ab. Telles sont les images des phases de l'éclipse sur lesquelles nous avions à opérer (1).

» *Nombre des images obtenues.* — Ces images sont au nombre de douze, et représentent six phases avant l'éclipse totale et six phases après; elles ont été prises à peu près aux instants convenus à l'avance, c'est-à-dire de quart d'heure en quart d'heure, à partir du commencement de l'éclipse, sauf celle qui porte le n° 14 (septième) (2) et qui remplace la précédente, à laquelle il était arrivé un accident.

» Les heures auxquelles ont été prises ces épreuves sont données comme elles ont été observées sur le chronomètre Motel n° 119, et transformées en temps moyen de Bathna dans un tableau (3) où se trouve indiquée en même temps la largeur correspondante de la fente de l'obturateur.

» *Insuccès des essais faits pendant l'éclipse totale.* — Pendant les trois minutes de l'éclipse totale, on a essayé, mais sans succès, de prendre des images de la couronne lumineuse, en faisant varier cependant la durée de la pose depuis dix secondes jusqu'à une minute.

» *Mesures effectives sur les images des phases.* — Le premier objet que je me suis proposé, en soumettant les images des phases de l'éclipse à la discussion, a été de déterminer, avec la précision que comportent les opérations graphiques, l'angle de position des quatre contacts de la lune et du soleil, rapportés, soit au *sommet*, soit au *point nord* du dernier de ces deux astres.

» Les épreuves étaient prises sur des plaques de glace rectangulaires, dont le côté inférieur était horizontal quand la plaque était mise en place dans la chambre obscure. *La lunette avait été disposée elle-même horizontalement à l'aide d'un niveau à bulle d'air et orientée dans le premier vertical, l*
jectif tourné du côté de l'ouest. Cette opération avait été f
au moyen du cercle azimutal d'un théodolite et facilitée
le voisinage de l'instrument méridien. L'héliostat était p
sur un support isolé parfaitement stable, en avan
nette; on s'efforçait de le garantir contre le vent
rant de volets de planches, autant que la hauteur
tion du soleil le permettaient.

» *Ligne de repère fournie par la photographie.* —
sidère une image photographique obtenue av
ainsi disposé, on n'aura évidemment pour *ligne*
l'un des diamètres du soleil qui sont parallèles
la plaque, lesquels se trouvent marqués nett
épreuves positives (1).

» Il s'agit actuellement de chercher la directi
tre situé dans le vertical du soleil, ou celle du
respondant au méridien céleste de l'astre. La mét
donne à la fois ces deux directions.

» *Solution du problème de l'orientation des épreu*
plan. — Soient : C le centre de la sphère céleste
méridien du lieu de l'observation; P le pôle
Z le zénith; ZCO le premier vertical; enfin S, la
centre du soleil sur la sphère céleste à un instant
(fig. 89).

» Remarquons tout d'abord que la ligne CO représent
direction donnée à l'axe optique de la lunette, et que la pl
destinée à recevoir l'image est placée dans le plan du m
dien HPZH′, le côté sensible tourné vers l'ouest O. En me
par le point S et par les points P, Z et O des arcs de gr
cercle, nous déterminerons trois plans qui sont : le méridi
céleste du soleil, le vertical de cet astre, et le plan de réflexi
déterminé, en effet, par le centre S que l'on considère et p
la direction CO du rayon réfléchi. Les traces de ces trois pl
sur le disque du soleil donnent les deux diamètres NN′ et V
dont nous cherchons la position sur l'image photographiqu
et un troisième diamètre dd', qui, étant situé dans le plan
réflexion SCO, a pour image la trace même dCd' de ce pl
sur le méridien HPZH′. Or, le plan de réflexion et le premi
vertical passent tous les deux par la ligne CO, perpendic
laire au plan du méridien; par conséquent, CD, qui représen
la direction du diamètre dd' sur l'image photographique, f
avec la verticale CZ un angle égal à l'angle dièdre des de
plans ZCO et DCO ou à l'angle sphérique ZOD.

» Pour trouver cet angle, il suffit de résoudre le triang
ZSO, dont le côté ZO est de 90 degrés, et qui est entièreme
déterminé par les éléments connus ou calculés du tri
gle PZS. En effet, dans ce dernier triangle, on connaît P
qui est le complément de la latitude du lieu; PS, qui est
distance polaire du soleil, et l'angle en P, qui est l'angle h
raire de cet astre ou l'*heure vraie* du lieu, au moment de l'op
ration. On peut donc calculer le côté ZS, commun aux de
triangles PZS et OZS, et l'angle PZS, qui est égal à 90 degr
$\pm$ l'angle OZS, suivant que le soleil est au sud ou au no
du premier vertical.

» Mais l'angle ZSO du triangle de même désignation m
sure l'inclinaison du diamètre VV′ sur le diamètre dd', et d
termine par conséquent la direction de VV′ sur l'image, quan
dd' y a été tracé. Enfin, dans le calcul du triangle PZS, o

(1) Même observation que ci-dessus. (*Note de la page* 261.)

(2) La septième des épreuves prises pendant la durée du phénomène est le n° 14 de la série entière commencée le 16 juillet, c'est-à-dire l'avant-veille de l'éclipse.

(3) Nous supprimons dans cet article tous les tableaux, les formules et les calculs numériques, qui l'eussent allongé démesurément. Pour remplacer ces éléments qui eussent fourni une preuve directe de l'exactitude apportée aux observations, je crois devoir citer les deux passages suivants du rapport de M. Faye :

« L'heure locale a été déterminée, à l'aide d'un cercle méridien de Brunner et de plusieurs chronomètres de Bréguet, de Winnerl et de Motel, avec une précision rarement atteinte dans les expéditions lointaines... »

« Nous tenons l'observation si complète et si sûre de Bathna pour une des meilleures observations d'éclipses qui aient été faites en dehors des grands observatoires. »

(1) Quand on opère directement sur les clichés, les bords de la glac
servent eux-mêmes de lignes de repère. (*Note ajoutée.*)

obtient l'angle en S en même temps que l'angle en Z, c'est-à-dire l'angle de position du soleil, ou bien l'angle des deux

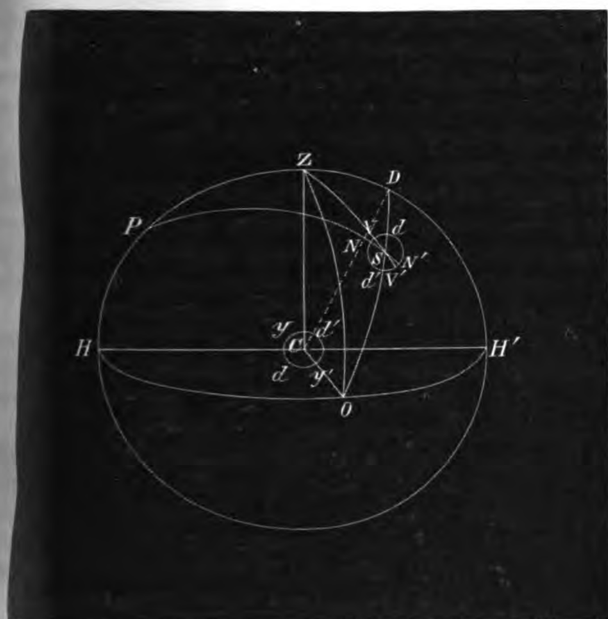


FIG. 89.

diamètres VV', NN', ce qui permet de rapporter immédiatement sur l'image la direction de ce dernier.

» *Application de la méthode aux images prises dans le voisinage des contacts* (1). — Telle est la méthode que nous avons appliquée pour trouver le *sommet* V et le *point nord* N du soleil sur les images des phases prises à très-peu près aux moments des contacts.

» Dans les opérations graphiques, il importe d'avoir égard au *sens* dans lequel doit se compter chacun des angles calculés. Pour fixer les idées, considérons l'image positive d'une phase quelconque (fig. 90). En la regardant par transparence et renversée, nous aurons à peu près l'apparence de l'éclipse vue au travers d'un verre noirci; la seule différence provient de la distance du soleil au premier vertical, au moment où l'épreuve a été prise, ou de l'angle que le plan de réflexion fait avec le premier vertical. Or, en renversant l'épreuve, nous avons fait prendre au diamètre *dd'* une position symétrique de celle qu'il avait par rapport à la verticale *yy'* (fig. 89 et 90), et par conséquent, lorsque nous voudrons tracer ce diamètre *dd'*, il faudra porter l'angle *y'sd* en sens contraire de celui dans lequel on l'aurait porté sur l'image elle-même au recto (2).

» Dans le cas actuel (il faudrait ici une seconde figure que le lecteur construira aisément en supposant la figure 90 vue dans un miroir plan), le soleil étant dans la région du sud-ouest, le diamètre *dd'* est dans la position indiquée, comme il est facile de s'en rendre compte en se rappelant que cette image est celle que l'on verrait sur la plaque dépolie, et que la gauche de l'observateur est alors tournée vers le sud.

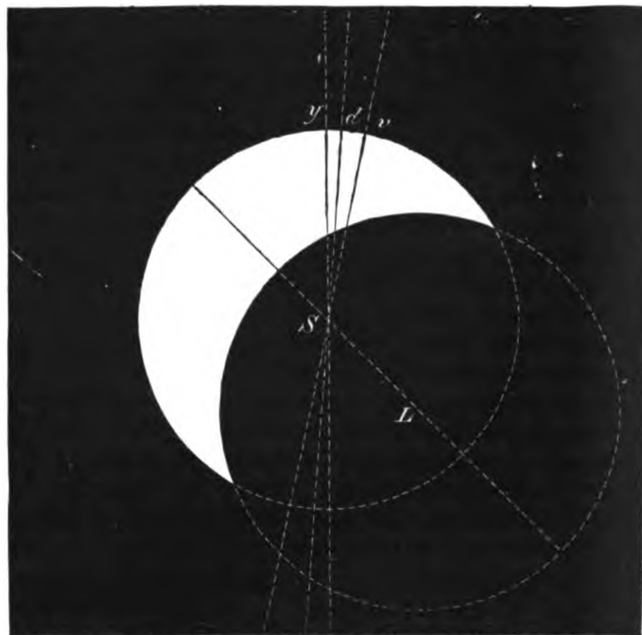


FIG. 90. — (Il est sans doute inutile de dire que l'on ramenait au besoin l'image du soleil au centre de la plaque en agissant sur une vis de rappel de l'héliostat et en se guidant sur des repères tracés sur la plaque dépolie, ce qui rendait indépendant des petites irrégularités de marche de l'héliostat.)

» Il résulte de là que, sur la figure 90, il faut porter l'angle $y'sd = ZOD$ vers la droite. Quant au sens dans lequel doivent être portés les angles de VV' et NN' avec *dd'*, il suffit, pour le déterminer, de supposer que l'observateur soit placé au centre de la sphère céleste (fig. 89) et tourné vers le soleil; l'image, telle qu'on la voit en la renversant, représentant l'éclipse sous son véritable aspect, le sens de ces angles n'éprouve évidemment aucune altération.

» *Résultats obtenus.* — En opérant simplement avec un rapporteur sur des phases nos 1, 6, 7 et 12 prises dans le voisinage des contacts, et après avoir tracé aussi exactement que possible la ligne des centres des deux astres, j'ai trouvé les résultats suivants :

NUMÉROS DES PHASES.	ANGLES DE POSITION COMPTÉS	
	A partir du sommet.	A partir du nord.
1... 1er contact extérieur.	120°	62° 30'
6... 1er contact intérieur.	50° 50'	111° 20'
7... 2e contact intérieur.	125° 50'	65° 15'
12... Dernier contact.	55° 40'	116° 30'

» Les mesures ainsi effectuées acquerraient évidemment plus de précision si, au lieu de se borner à des opérations graphiques ordinaires, on prenait les principales données sur les épreuves négatives (clichés) à l'aide d'instruments micrométriques et si l'on employait le calcul partout où l'on peut le substituer au tracé géométrique. Mais la marche à suivre serait toujours la même, et nous avons cru, à cause de cela, devoir l'indiquer avec quelque détail. Il faut remarquer, d'ailleurs, que les phases voisines des contacts se prêtent beaucoup moins bien que les autres à ce genre de détermination, à cause de l'incertitude qui existe sur la direction de la

(1) Pour rendre ce paragraphe plus intelligible, il aurait fallu pouvoir faire imprimer au recto et au verso du même feuillet l'image photographique et son inverse, ce qui présentait d'assez grandes difficultés. Le paragraphe précédent renferme d'ailleurs la solution complète de la question.

(2) Il faut toujours se reporter à la note de la page 261, pour comprendre pourquoi nous n'opérions pas directement sur les clichés. (*Note ajoutée*).

ligne des centres des deux astres, les cornes du croissant manquant de netteté ou pouvant être tronquées par quelque montagne de la lune, comme cela paraît avoir eu lieu pour l'image de la phase n° 6 (1er contact intérieur, fig. 91) (1).

» Les épreuves photographiques peuvent naturellement servir à vérifier les autres procédés de mesure, et c'est évidemment à cela qu'elles doivent être surtout destinées ; mais le plus important en ce moment était de donner le moyen d'*orienter* les images obtenues, et c'est ce que j'ai fait dans ce chapitre, sans renoncer, bien entendu, à tirer des épreuves que nous possédons les autres renseignements utiles qu'elles peuvent fournir. »

Ici se termine le chapitre V du mémoire soumis à l'Académie. La note suivante y a été ajoutée quelque temps après la lecture du mémoire.

« Des mesures micrométriques nombreuses de la distance des cornes *ab* (fig. 91) et de la plus grande flèche *cd*, faites chez M. Brunner, me portent à croire que les épreuves photographiques (il s'agit maintenant des clichés sur verre) de $0^m,05$ de diamètre permettent de calculer l'instant du milieu de l'éclipse à 3 ou 4 secondes près. Or, comme il y en a neuf qui peuvent concourir à cette détermination, en prenant la moyenne, le degré d'exactitude serait au moins $\frac{4^s}{\sqrt{9}} = 1^s,33$, et l'on aurait ainsi une vérification de l'observation résultant de celle des instants



FIG. 91. — Fac-simile d'une épreuve photographique.

des deux contacts intérieurs faite directement en regardant dans une lunette. »

J'ajoute que la durée d'une éclipse solaire observée sur la ligne centrale étant de plusieurs heures, les astronomes qui se muniront d'un appareil photographique adapté au sidérostat pourront et devront multiplier le nombre des épreuves, qui serait porté facilement à une centaine.

Il est aisé de concevoir, d'après cela, que les opérations photographiques ne fourniront pas seulement des images fort intéressantes, des représentations fidèles des phases et de tous les accidents qu'elles pourront présenter ; elles procureront en même temps des éléments du calcul de l'instant de l'éclipse centrale, et, par suite, de celui de la conjonction astronomique des deux astres avec une précision jusqu'alors inouïe.

(1) Cette image présente, en outre, des déformations très-extraordinaires des bords de la lune et du soleil, sur lesquelles l'attention de l'Académie a été appelée dans un autre chapitre. (*Note ajoutée.*)

Mais, pour atteindre ces résultats importants, il est indispensable d'installer la lunette exactement, soit dans la direction du méridien, soit dans celle du premier vertical, car ces deux directions sont celles que l'on détermine astronomiquement avec le plus de précision et que l'on peut vérifier dans le moins de temps.

En Algérie, où l'éclipse du 18 juillet 1860 avait lieu entre deux heures et demie et cinq heures du soir, la meilleure direction à donner à la lunette était celle du premier vertical. L'année dernière, en Italie, où nous étions allés, M. Girard et moi, pour observer l'éclipse annulaire du 6 mars, le phénomène devant se produire vers le milieu du jour, j'avais dirigé la lunette dans le méridien (1). Cette direction, qui pouvait être très-aisément vérifiée, avait été déterminée avec un soin extrême, au moyen d'un instrument des passages, et réciproquement la lunette de l'héliostat, munie d'un réticule, servait de *collimateur* à la lunette méridienne.

Ces conditions, je le répète, sont essentielles, et je ne saurais trop les recommander aux astronomes et aux physiciens qui voudront tirer du sidérostat le parti le plus avantageux au point de vue des observations astronomiques, dans lesquelles les mesures de temps et les mesures angulaires jouent le rôle principal.

Je serais heureux que les recherches que je viens de rappeler, et qui constituent la théorie géométrique de l'instrument nouveau, pussent épargner aux autres observateurs des tâtonnements, des hésitations et des pertes de temps inséparables de premiers essais. C'est dans ce but surtout, et aussi, pourquoi ne le dirais-je pas? pour ne pas être exposé à perdre tout le fruit d'un long travail, que je me suis décidé à publier cette partie de mon mémoire sur l'éclipse du 18 juillet 1860 (2).

A. LAUSSEDAT.

(1) Le mauvais temps qui règne trop souvent à cette époque dans tout le bassin de la Méditerranée a fait échouer nos préparatifs et rendu inutiles toutes les observations préliminaires de beaucoup les plus longues et les plus pénibles.

(2) Si la publication du mémoire tout entier n'a pas été faite plus tôt, cela n'a pas dépendu des commissaires de l'Académie. Les conclusions de leur rapport étaient que ce mémoire avait été jugé digne d'être inséré dans le *Recueil des savants étrangers* ; mais, ajoutait le rapporteur, nous avons appris qu'il devait être l'objet d'une publication spéciale. Ce mémoire était, en effet, destiné à faire partie d'un autre recueil officiel. Malheureusement, ce dernier n'a pas paru depuis l'année 1860.

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS (*Chimie organique*). — M. Pasteur, obligé de partir pour continuer ses études sur la maladie des vers à soie, est suppléé cette année par M. de Luynes.

Physiologie générale. — M. Claude Bernard ne devait point commencer ses leçons le mardi 17 mars, comme l'annonçait le programme officiel inséré dans notre dernier numéro.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — *Élection d'un associé étranger*. — Dans le comité secret de lundi dernier, la commission chargée de dresser la liste des candidats au fauteuil de Faraday, a présenté en première ligne sir Roderick Murchison.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 17 — 28 MARS 1868

CONFÉRENCES DE L'ASSOCIATION POLYTECHNIQUE.

M. JULES DUVAL.

Gheel, ou une colonie d'aliénés.

Mesdames, Messieurs,

Je viens vous entretenir d'aliénation mentale, un sujet grave jusqu'à la tristesse, mais dont il n'est permis à personne de se désintéresser: qui peut se croire à l'abri, pour lui-même, ou sa famille, ou ses amis, de l'un de ces coups foudroyants qui ont déjà brisé tant d'organisations d'élite! Le nombre de ces terribles accidents va croissant d'année en année, et déjà la statistique compte pour l'Europe un fou par 1000 personnes : ce serait donc 280 000 aliénés sur 280 millions d'habitants!

Il ne m'appartient pas cependant de parler de ce sujet en médecin, je n'ai pas l'honneur d'en avoir le diplôme; je ne veux en parler qu'en voyageur qui a observé sur place la plus étonnante expérience qui se fasse pour le traitement de l'aliénation, qui l'a contrôlée et étudiée à distance très-sérieusement, et croit avoir le droit d'en tirer les conséquences qu'elle comporte.

Le théâtre de cette expérience est la commune de Gheel, située en Belgique, dans la Campine, une région naturellement peu fertile qui s'étend dans les trois provinces d'Anvers, du Brabant et du Limbourg. Là, depuis un millier d'années, s'est établie chez les habitants du pays la coutume de recevoir en pension des aliénés qui vivent au sein des familles, en état de liberté, au lieu d'être séquestrés dans des établissements fermés, comme ils le sont partout, aussi bien dans les asiles publics que dans les maisons de santé particulières. De cette liberté ne résultent pas des accidents en plus grand nombre qu'ailleurs; les guérisons y sont plutôt supérieures qu'inférieures à la moyenne; la mortalité y est certainement moindre, la vie infiniment plus douce. Tel est le singulier phénomène, médical et psychologique, connu sous le nom de *patronage familial* ou *colonisation des aliénés*, dont je vous propose l'étude.

I

Quelques mots d'abord sur l'origine et l'histoire de Gheel. La coutume d'y accueillir des aliénés remonte au VIIᵉ siècle, et à une dévotion populaire qui attira des malades autour du tombeau de sainte Dymphne, vierge et martyre. Confiés aux paysans du voisinage, les insensés attendaient du ciel leur guérison, et ils l'obtinrent sans doute assez souvent, quelle qu'en fût la cause, pour entretenir l'espoir des familles et faire naître des habitudes de pieux pèlerinages. L'institution florissait depuis bien des siècles, inconnue au loin et méconnue même en Belgique, lorsque au commencement du XIXᵉ siècle, M. de Pontécoulant, préfet du département de la Dyle, alors annexé à la France comme toute la Belgique, eut occasion d'en apprécier les bienfaits. Comparant le triste sort des aliénés enfermés dans l'hospice de Bruxelles avec la condition de ceux qui vivaient libres à Gheel, il jugea ceux-ci beaucoup plus heureux, et ordonna la translation des premiers dans cette commune, où ils furent placés sous la protection spéciale d'un médecin. En 1821, Esquirol, le célèbre médecin aliéniste, visitant Gheel, observa avec curiosité le régime qu'y trouvaient les fous, et le décrivit avec sincérité dans son *Traité des maladies mentales*, sans y attacher beaucoup d'importance. Durant la période des trente années qui suivirent, jusqu'en 1850, quelques autres médecins français et étrangers se rendirent au même lieu, sans y apercevoir non plus rien de remarquable, à l'exception toutefois de M. le docteur Moreau (de Tours), qui comprit avec une sagacité pénétrante tous les ressorts, matériels et moraux, qui se trouvaient mis en jeu par ce régime, si simple en apparence, de la colonisation des aliénés. Il exposa ses remarques et ses vues dans deux lettres à son confrère le docteur Baillarger qui n'eurent pas le retentissement qu'elles méritaient. Entraîné vers d'autres courants par des concours, par des livres, par des fonctions qui devaient jeter tant d'éclat sur sa carrière, M. Moreau (de Tours) délaissa Gheel, qui retomba dans l'oubli. Cet oubli durerait peut-être encore, si un hasard heureux n'y eût conduit, — comme inspecteur des aliénés de l'hospice de Bruxelles, qui s'y renouvelaient depuis M. de Pontécoulant, — le docteur Parigot, professeur à l'université de cette ville. Témoin quotidien des scènes les plus émouvantes et des résultats les plus consolants, le docteur Parigot se fit, avec une conviction doublée d'expérience et de science, le champion résolu de Gheel devant le monde médical. Après son départ en 1856, sa propagande a été continuée avec le même zèle et la même autorité par son successeur, le docteur Bulckens, depuis douze ans inspecteur en chef de la colonie, qui a été naguère chargé des soins à donner à une princesse belge dont l'infortune appartient à l'histoire. Peu à peu l'indifférence sceptique des médecins aliénistes a été ébranlée; beaucoup d'entre eux ont fait le voyage de Gheel, les uns en leur propre nom, d'autres en vertu d'une mission de leurs gouvernements. Tous ont été frappés du caractère singulier de ce système de traitement par la liberté; quelques-uns en sont devenus les fervents adeptes; et parmi eux, à leur tête,

le docteur Mundy, que j'ai le plaisir de voir assis à mes côtés : il est plus que l'adepte de Gheel, il en est l'apôtre, car il parcourt toute l'Europe, pour annoncer partout, par la parole et par la presse, par des discours et par des polémiques, dans les Académies et les congrès, la bonne nouvelle du plus doux et du plus efficace des remèdes contre l'une des plus navrantes infirmités dont l'hmanité puisse être affligée. Il m'est permis d'appuyer du témoignage de tous ces savants médecins l'exposé que j'ai à vous faire, car même en racontant ce que j'ai vu, entendu et appris, en répétant ce que j'ai publié (1), je suis assuré d'être leur écho et leur interprète.

II

La commune de Gheel, située à six heures de Bruxelles, comprend une étendue de 1100 hectares, au centre de laquelle s'élève la grosse bourgade ou petite ville de Gheel, peuplée de 3000 âmes environ ; en divers points de la surface sont disséminés 17 villages ou hameaux composés de fermes rurales : c'est dans ces maisons et ces fermes que les aliénés sont placés en pension. En ce moment on en compte plus d'un millier (1040), ainsi répartis : près d'un tiers, les plus aisés et les plus tranquilles, dans l'intérieur même de la ville, le reste dans la campagne avoisinante. Sur près de 2000 maisons que contient la commune, 700 à 800 reçoivent des aliénés, généralement un seul, par exception deux, rarement trois, jamais plus de quatre. D'ordinaire il n'y a sous le même toit que des malades d'un seul sexe ; le cas contraire ne s'observe que lorsque l'âge des malades ou toute autre circonstance justifient cette dérogation à la règle.

Comment se fait cette répartition ? par qui ? suivant quelles règles ? Ce sont là, sans doute, les questions que dès l'abord votre curiosité éveillée me pose.

Rien de plus simple.

Un aliéné est-il amené ou envoyé par sa famille, ou par une administration, nanti des justifications qu'exige la loi belge comme la loi française, — il est conduit à une belle et vaste maison, que l'on nomme l'infirmerie, située à l'entrée et un peu au dehors de Gheel, où il est amicalement reçu par le médecin inspecteur, chef du service général, et par sa famille. Il y reste quelques jours en observation, afin que l'on puisse reconnaître sa maladie, se rendre compte du régime et du traitement à prescrire, déterminer le meilleur placement, celui qui correspond à la fois au caractère du malade et au prix de pension fixé par les règlements ou convenu avec la famille.

Il y a quatre catégories de malades aliénés qui ne peuvent être admis à Gheel : les monomanes de suicide, d'assassinat et d'incendie, et ceux dont les manies troubleraient la décence publique. D'avance les médecins et le public savent qu'il ne faut pas les diriger sur Gheel ; si par erreur ils s'y trouvaient conduits, l'inspecteur prendrait des mesures pour les faire réintégrer au plutôt dans des asiles fermés, à moins qu'il n'espérât leur guérison du séjour, pas trop prolongé, dans l'infirmerie.

Tous les autres fous sont acceptés, même ceux qui sont atteints de fureurs intermittentes, même les épileptiques, même les idiots, les malpropres et les gâteux : il se trouv des foyers et des cœurs ouverts à toutes ces misères, do quelques-unes sont si répugnantes et passent pour si dange reuses. On ne fait, du reste, aucune objection à raison de l nationalité, ni de la religion, ni même de la langue. Quoiqu l'idiome flamand domine dans la commune, tous les habi tants aisés de Gheel parlent, ou au moins comprennent l français ; et il n'est pas besoin d'une longue familiarité pou que les malades de tous pays parviennent à converser ave eux en flamand ou en français : à cet effet, M. Parigot a rédig et imprimé des dialogues qui présentent dans les deux langues les phrases usuelles.

Sous le rapport du prix de pension, les malades sont divisé administrativement en deux classes, suivant qu'ils payent le minimum seulement ou davantage. Ce minimum, réglé tous les ans, est des plus modestes : c'était l'an dernier 65 centime par jour pour les malades ordinaires, et 10 centimes de plu pour les malpropres. A ce prix, le *nourricier* (c'est le nom affectueux consacré par la tradition) (1) pourvoit à tout, nourriture, logement, surveillance, entretien du linge et des vêtements. A ces taux, la pension annuelle varie de 240 à 275 fr. Peut-on imaginer un système moins coûteux ? Pour ce prix, le malade participe au régime des ménages, naturellement un peu pauvres, où il est placé ; il vit de la vie des paysans et des ouvriers de la commune ; rien de plus, mais rien de moins.

Si le prix de pension dépasse le taux ci-dessus de 25 franc par mois, soit, en tout, 265 ou 300 francs, le malade entre dans la classe privilégiée ; son nourricier devient un *hôte*, choisi avec soin parmi les meilleurs. Au-dessus de ce niveau, si faible encore, il y a toute une échelle de prix qui peut atteindre jusqu'à 4000 francs par an. Chaque échelon correspond à des avantages particuliers pour le logement, la nourriture, le vêtement, le service domestique et tout l'ensemble des soins. Parmi les habitants, les plus riches, les plus considérés, tiennent à honneur d'avoir au moins un fou chez eux, car être inscrit sur la liste des nourriciers est un titre à l'estime ; en être rayé, un titre de déshonneur. Aussi n'est-il pas de soin utile et agréable qu'un malade riche ne puisse se procurer à Gheel, quoique le ton général de l'existence, — et c'est un grand mérite, — y soit modeste à la ville et rustique à la campagne ; il n'y manque, et c'est de quoi les malades se p sent sans peine, — que les dorures et les marbres, les stat et les inscriptions, les livrées et autres parades, qui éblou sent les yeux des touristes dans les monuments de la cha publique ou de la spéculation privée, et qui ne valent pa eux tous, pour le bien-être des malheureux, un grain d'af tion, un mètre cube d'air libre et un kilomètre de promen en pleine campagne.

C'est une règle absolue, fondée sur les mœurs plus enc que sur les règlements, que le fou pensionnaire doit être mis à la table de son nourricier et vivre dans l'intimité de famille. Si le prix de pension a stipulé des avantages partic liers, des plats de faveur sont préparés à l'intention du mala Lorsque certains aliénés sont servis séparément, c'est comm marque particulière de considération, et les annales de Ghe en fournissent de touchants exemples, tout volontaires.

Pour le logement, l'ameublement, la literie, la vie ma

(1) Dans un livre intitulé : *Gheel, ou une Colonie d'aliénés vivant en famille et en liberté*. 2e édition, 1867 (Hachette).

(1) Le mot flamand est meilleur encore : *der Pfleger*, le soigneur *der Pfleging*, le soigné.

rielle en un mot, le malade est donc traité comme un membre de la famille, avec les soins spéciaux qu'exigent certaines maladies et que prescrivent les médecins. Sous ces rapports, comme sous les autres, le régime est simple, sain, plus ou moins rustique ou aisé, suivant la propre condition du nourricier, mais dans tous les cas au niveau et souvent au-dessus des habitudes de la maison qu'habite l'insensé.

Quant aux vêtements, pas de distinction, pas d'uniforme qui signale le malheureux à la malignité et à la déconsidération, qui l'humilie à ses propres yeux et l'irrite, comme un être séparé de la société par l'indignité de son malheur. Habillé comme les petits bourgeois de Gheel quand il réside dans la ville, comme les cultivateurs quand il demeure dans les fermes, l'aliéné se mêle à la population, sous le même aspect et au même titre que les indigènes: cette égalité flatte son amour-propre et le rend plus accessible aux bonnes influences.

Sa vie s'écoule ainsi paisible, libre, respectée, mais non oisive. Les nourriciers s'appliquent à entraîner leurs pensionnaires vers quelque occupation, autant dans l'intérêt des malades que pour leur propre avantage. Les femmes prennent bientôt part aux travaux du ménage, cuisine, propreté, buanderie, ou s'occupent de couture, tricotage, de tout ce qu'elles savent et peuvent faire. Les hommes, suivant leurs goûts et leurs habitudes, se livrent à tels métiers qu'ils pratiquaient auparavant, ou bien au jardinage, à la culture. De ces exercices corporels, les tourments de l'esprit reçoivent une précieuse diversion, et la fatigue ou la préoccupation du jour prépare le repos de la nuit, condition excellente pour la raison comme pour la santé! Beaucoup d'aliénés deviennent ainsi des auxiliaires fort utiles dans les ateliers et surtout dans les fermes. Les nourriciers ont soin de maintenir leurs bonnes dispositions par un petit salaire en argent ou en nature, proportionné à leurs services.

Comme il est interdit de forcer les aliénés au travail par des moyens de contrainte, qui seraient au surplus inefficaces, les habitants de Gheel sont obligés de rendre le travail *attrayant*, c'est bien le mot : ce qui passe, à tort peut-être, pour une utopie impossible dans un milieu où régnerait la raison, est devenu à Gheel une réalité. C'est par des paroles sympathiques, par l'ascendant de l'exemple, par le ton laborieux de la maison ou de la ferme, par l'appât d'une modique récompense, que le pauvre insensé est attiré au travail où il apporte souvent de l'entrain, de la gaieté. Au besoin, les femmes y déploient leur talent, qui n'exerce pas moins de charme sur les fous que sur les raisonnables.

Certains aliénés exercent dans la commune leur industrie pour leur propre compte, et ils en sont pleinement libres : il en est qui sont commissionnaires, oiseleurs, pêcheurs, herboristes, menuisiers, et se font ainsi un pécule qui n'est pas sans importance.

Grâce à ces divers moyens d'influence, le nombre des aliénés utilement occupés est considérable, les sept huitièmes environ, et parmi eux on en compte en ce moment une vingtaine, hommes et femmes, employés à la garde des enfants : rien ne peut mieux témoigner quelle est la sécurité des familles vis-à-vis de leurs pensionnaires, ailleurs si redoutés.

L'entente amicale des enfants et des aliénés est, du reste, un des traits caractéristiques du régime de Gheel : là, à la différence de ce qui a lieu partout, même dans les autres communes belges, les enfants n'y sont pas sans pitié pour le pauvre fou : au contraire, ils l'aiment, s'attachent à lui, ne s'en moquent et ne le tourmentent jamais; et à son tour le fou les aime, les promène, les porte dans ses bras, souvent les protége. Cette alliance entre l'enfance et la folie est un spectacle des plus touchants et dont j'ai été témoin, comme tous les voyageurs : on le chercherait en vain dans aucun asile ou maison de santé, non plus que dans les colonies agricoles d'aliénés administrativement gouvernées; ce bonheur manque même aux établissements des corporations religieuses, dont quelques-unes se vouent avec zèle au soulagement de ce genre de maladie : comme il dérive de la famille, il est particulier à Gheel, et ne pourra se reproduire que là où sera réalisé le patronage familial dans toute sa plénitude et sa sincérité.

Cette affection réciproque prend naissance dans l'intimité prolongée du foyer domestique où l'insensé passe sa vie, mêlé à tous les incidents, tous les jeux, toutes les émotions de la famille. Les enfants deviennent ses compagnons préférés, sans doute parce qu'ils ont plus de loisir à consacrer à ses caprices, et qu'il les amuse sans les effrayer.

Les distractions, les solennités et les fêtes de la commune ne sont pas moins ouvertes que celles de la famille à l'aliéné. Il va et vient à son gré dans les rues et les places publiques, assiste avec intérêt à l'arrivée ou au départ des diligences; les jours de marché ou de foire, on se contente de le surveiller de plus près. Si les médecins n'y voient pas d'inconvénients, il est admis dans les lieux publics, et y fait sa partie, sans autre limite que l'interdiction du vin et autres boissons spiritueuses, sous peine d'amende pour le débitant. Le dimanche, les aliénés assistent librement et avec recueillement aux offices dans la grande et belle église de Sainte-Dymphne, leur patronne, qui leur est réservée ; ils suivent les processions et s'y conduisent fort bien. Enfin, dans les soirées, les bals, les concerts, les kermesses, qui sont les grandes fêtes locales, il y a toujours place pour les aliénés au même titre que pour les raisonnables; qu'ils dansent en mesure, qu'ils jouent ou chantent juste dans les concerts, qu'ils se conduisent convenablement, c'est tout ce qu'on leur demande ; les jeunes filles acceptent leurs invitations sans le moindre embarras : personne n'éprouve vis-à-vis d'eux ni répulsion, ni crainte. Et il n'est pas rare de trouver de ces insensés qui se font remarquer par la distinction des manières, par des prévenances d'une exquise politesse, habitudes contractées dans le monde où ils ont vécu, et qui trouvent leur place dans les fêtes de la commune : on est sensible à leurs attentions.

Ces sentiments et ces procédés vis-à-vis des aliénés, ne fussent-ils pas inspirés par le cœur, le seraient par la justice et la reconnaissance. C'est un d'entre eux, habile violoniste connu sous le nom historique de *Grand Colbert*, qui a fondé la société chorale nommée l'*Harmonie de Gheel*; son portrait décore la salle des séances, où il rappelle à tous quels échanges de bons services peut s'établir entre la folie et la raison.

Pour achever cette peinture de la colonie gheeloise, je dois dire que les communications avec la famille, les amis, les visiteurs sont entièrement libres. A la différence des asiles et maisons de santé, où nul ne pénètre — même un père ou un époux, — qu'à grand peine, à des heures fixes, pour un temps très-court, sous l'œil défiant des gardiens, et au seul moment que le médecin juge opportun, — le territoire de la commune de Gheel, ses fermes, ses maisons, sont, comme en toute autre localité, librement accessibles à toute heure du jour. Les

[redacted]

parents peuvent à leur gré venir visiter leurs parents, s'installer tant qu'il leur plaît dans quelqu'une des auberges hospitalières de la ville, se promener avec eux, les faire causer, joindre leurs soins à ceux des nourriciers, signaler à l'inspecteur ou aux médecins de section leurs observations critiques et leurs vœux. Les curieux de passage, les médecins en mission, peuvent tout aussi aisément s'informer du sort des malades, les voir, les interroger : à Gheel, tout se fait en pleine lumière, et la publicité n'y est pas moindre que la liberté. Quelle meilleure garantie de l'ordre qui y règne ! Quel meilleur contrôle des abus, s'il y en avait !

A ces traits, — si différents du régime fait partout ailleurs à ces infortunés, — vous reconnaîtrez sans doute que ce n'est pas à tort qu'on a qualifié Gheel de *paradis des fous*. Ils y trouvent tout le bonheur que leur état puisse comporter. Ils sont aimés, choyés, considérés, soignés ; et aucun de ces bienfaits n'est acheté au prix de leur liberté : que pourraient-ils souhaiter de plus? Aussi, dès les premières semaines qui suivent leur arrivée, l'heureuse impression qu'ils ressentent se fait-elle sentir, surtout s'ils ont déjà fait l'expérience du régime des asiles fermés, avec leurs lourdes portes, et leurs verrous, et leurs barreaux, et leurs grilles, et leurs clefs retentissantes, et leurs murs élevés, et leurs préaux étroits, et leurs règlements inflexibles. Frappés du contraste, ils se réjouissent comme des captifs qui ont secoué leurs chaînes ; leur moral se détend, leur irritation s'apaise ; sensibles aux bontés nouvelles dont ils sont l'objet, ils deviennent accessibles au langage du cœur et de la raison, et rapidement ils s'assouplissent aux habitudes régulières de la famille, ainsi qu'aux prescriptions qu'exige leur état mental ou physique.

III

De ce régime si étrange — et, à vrai dire, unique encore sur le globe, — quels sont les effets au point de vue hygiénique et médical ? Telle est la question que je dois maintenant aborder.

A première vue, vous devez les préjuger excellents, à raison du milieu éminemment favorable où se trouve placé le malade, milieu qui est la meilleure partie de tout traitement de la folie. Atteindre le mal par une médication directe, dans les secrètes profondeurs de l'âme et des organes où il prend sa source, est une entreprise généralement supérieure à la science et à la puissance du médecin : tout ce qu'il peut faire, c'est de placer l'insensé dans les conditions les plus propres à rétablir l'équilibre troublé des facultés, et d'aider à ce retour par des moyens actifs qui opposent un contre-poids et une dérivation aux troubles intérieurs. Sous ce double rapport, le patronage familial, tel qu'il est pratiqué à Gheel, répond aux enseignements les plus certains de la science.

Le milieu où s'écoule l'existence des pensionnaires de Gheel est une parfaite application de ce que l'on appelle le traitement moral, celui qui, par des voies directes ou indirectes, s'adresse aux éléments animiques de notre nature pour les redresser quand ils s'égarent. L'insensé vit dans une atmosphère de raison et de bienveillance ; tout ce qu'il voit et entend tend à corriger les écarts de son entendement. Veut-il lui-même prendre part à la vie du ménage, aux plaisirs de la famille, aux travaux de l'atelier et des champs, aux amusements de la rue ou des réunions, il est obligé de faire acte d'homme raisonnable : à son insu, sa volonté subit une gymnastique continue, souvent accompagnée de réflexion et d'effort, dont l'action jamais interrompue ne peut être que salutaire. Quelle différence de ce régime avec celui des asiles fermés, où des malheureux sont entassés par centaines, toujours en présence les uns des autres, se troublant, s'irritant, s'excitant mutuellement ! Quelle différence même avec ces essais de travail agricole où des escouades d'insensés sont conduits aux champs, y labourent, en reviennent sous la surveillance de gardiens en petit nombre, dont l'action isolée ne peut avoir un effet efficace et durable sur la multitude qu'ils dirigent et contiennent ! A Gheel, tout aliéné est entouré, non-seulement, d'une famille raisonnable et affectueuse, mais d'une population tout entière animée du même esprit. Naturellement la douceur patiente, la bonté réfléchie, favorisent la guérison par l'apaisement de l'âme, surtout quand le travail vient y joindre sa puissante diversion : tout concourt vers un salutaire résultat qui fréquemment se traduit en solide guérison.

Quelle est la proportion de ces guérisons ? En thèse générale, on peut dire qu'elle est supérieure à celle des asiles fermés, mais en faisant une distinction selon que les maladies sont ou ne sont pas curables. Il faut savoir, en effet, que Gheel a été si longtemps méconnu, que l'usage s'est établi, en Belgique même, de n'y envoyer la plupart des malades que lorsqu'on a épuisé dans les autres établissements les ressources de l'art médical ; quand on désespère de les guérir, on les envoie végéter dans la Campine comme dans un dépôt d'incurables. Il en résulte, dans le nombre total des pensionnaires, un élément propre à induire en erreur, si l'on s'en tenait aux chiffres bruts sans commentaire. Ainsi, en 1866, sur un millier de malades, il y a eu 64 guérisons, soit 6,4 pour 100 de la population totale, 18 pour 100 des admissions de l'année ; tandis que, à ne tenir compte que des curables ou douteux, la proportion s'est élevée, en certaines périodes, jusqu'à 66 pour 100. Encore convient-il d'ajouter que les sorties enregistrées comme guérisons répondent, à Gheel mieux qu'ailleurs, à de véritables et définitives guérisons, car rien n'invite à renvoyer les malades : point d'encombrement de local ; point de lassitude chez les nourriciers, le malade pouvant être déplacé de maison, ni chez le médecin, qui n'en est pas obsédé ; pas de cherté excessive dans les prix. Il n'est même pas rare que des aliénés guéris, n'ayant plus de famille ni de patrie qui les attire, restent librement à Gheel comme dans une retraite où ils se plaisent.

Il est, comme indication thérapeutique, une donnée moins sujette à contestation que le chiffre des guérisons, pour lesquels tous les médecins n'adoptent pas les mêmes bases de calcul : c'est la mortalité. A Gheel, elle varie, pour les aliénés, entre 5 et 8 pour 100 ; tandis que dans le reste de la Belgique, elle s'élève de 8 à 10 pour 100 ; en France, de 12 à 14 pour 100 ; à Charenton, asile impérial modèle, à 15 pour 100 (1) ; à la Salpêtrière et Bicêtre, 18 à 20 pour 100 (2). Cependant ces trois derniers établissements sont confiés aux plus habiles médecins de France et munis de tous les moyens d'action que connaisse la science ! Il faut donc que la vie se mène plus

(1) Rapport de M. Suin au sénat, page 97. — Les éléments statistiques de Gheel sont développés dans mon livre, pages 345-358.

(2) Même rapport, page 93. — Voyez aussi le rapport de M. Husson sur le service des aliénés du département de la Seine pour 1866, pages 32 et 33.

agréablement à Gheel, et avec un bien-être plus réel, quoique plus simple en apparence, que dans les meilleurs asiles fermés : aussi y voit-on des vieillards en grand nombre, et jusqu'à des centenaires.

C'est la consolation qui reste, dans les cas malheureusement trop nombreux, où les soins de l'art et du cœur sont impuissants contre la fatalité du mal. Le fou est certainement moins à plaindre dans la vie libre de Gheel que dans la vie enfermée de tout autre lieu. On lui passe ses fantaisies, on respecte ses hallucinations, si extravagant qu'il devienne, tant qu'il ne nuit ni à lui-même ni à autrui; et de plus on l'aime, on le soigne. N'est-ce pas déjà un grand soulagement pour sa famille que de le savoir aimé, confié à des mains expérimentées et à des âmes compatissantes? Très-souvent la folie n'atteint qu'une face de l'intelligence; d'autres fois, quand l'entendement presque entier est lésé, la sensibilité physique et morale ne l'est point au même degré : alors tout ce qui reste sain, comme organe ou faculté, participe aux jouissances de la vie de famille, de la liberté au grand air, de la sociabilité humaine. De tels adoucissements, précieux pour tout malade, le sont surtout pour les insensés, qui ressentent vivement leur séquestration, comme une humiliation et une oppression imméritée. A leurs yeux, les gardiens sont des geôliers, comme si la maladie était un crime; et c'est assez pour irriter leur caractère et raviver leurs souffrances.

IV

Si vous êtes édifiés, comme j'aime à le croire, sur l'excellence du patronage familial et de la colonisation des aliénés, tels qu'on les pratique à Gheel, peut-être encore reste-t-il des scrupules dans votre esprit à raison des incidents qui peuvent venir traverser ces existences vouées à l'égarement et à la *douleur : maladies* aiguës, accès de fureur, accidents divers, *évasions*. Sur ces divers objets de légitimes scrupules, je vous dois quelques explications.

Contre les maladies aiguës, outre les premiers soins donnés par des nourriciers, hommes, femmes, jeunes filles, qui sont tous des infirmiers expérimentés, on a toutes les ressources d'un service médical et pharmaceutique des mieux organisés. A la tête, un médecin inspecteur, résidant sur place, dans l'infirmerie, au centre de la commune; autour de lui, quatre médecins, également domiciliés à Gheel, qui se partagent les quatre sections de la commune, dont ils visitent journellement les habitants, tantôt sur l'appel de leurs clients raisonnables, tantôt sur celui des nourriciers : au premier avis d'un cas aigu qui survient, ils arrivent et prescrivent les médicaments nécessaires. Le service pharmaceutique est fourni, à tour de rôle trimestriel, par chacun des quatre pharmaciens de la petite ville. Faut-il des bains, des douches, d'autres applications, l'infirmerie est là, à proximité, qui contient tous les appareils utiles. Quand la maladie se prolonge et doit exiger des soins exceptionnels, trop difficiles pour les familles des nourriciers, le malade est transporté à l'infirmerie, et il y reste tout le temps nécessaire à son rétablissement.

Les accès intermittents de fureur, cet épouvantail des timides, n'inquiètent pas les habitants de Gheel, qui, on l'a vu, vivent en parfaite sécurité parmi un millier d'aliénés; et cela pour diverses causes, dont la première est la rareté même des accès furieux. Il en est de la force humaine comme de toutes les forces : en se dilatant librement, elle se détend et s'équilibre; c'est la compression qui rend les explosions redoutables. De telles explosions ne peuvent être fréquentes avec un régime de liberté qui respecte tous les droits, et surtout celui d'aller et de venir, de tous le plus précieux pour tout homme ; rien n'exalte et ne surexcite le malade autant que le sentiment d'une injuste incarcération, et la vue de ces portes massives et de ces hautes murailles qui semblent lui enlever toute espérance. Survient-il néanmoins quelqu'un de ces orages de l'organisme que rien ne peut conjurer, si l'accès est inoffensif, on le laisse s'épuiser dans une agitation sans obstacle, au milieu des bruyères et des champs; le malade se fatigue vite de cris et de gestes impuissants. La fureur devient-elle dangereuse en menaçant les personnes, détruisant les meubles, etc., alors le nourricier, aidé de sa famille et, à l'occasion, de ses voisins, s'empare du furieux, l'étreint dans ses bras vigoureux, au besoin lui impose la camisole de force ; en un mot, le contient. Si le cas paraît exceptionnellement grave, on peut recourir aux gardes de section, qui parcourent le territoire, et finalement à l'infirmerie. L'expérience, plusieurs fois renouvelée, ne tarde pas à convaincre l'aliéné de l'inutilité de toute résistance à une force supérieure, et il se soumet d'autant plus vite que d'avance il se sent vaincu. Particularité locale qui, à première vue, paraît bien étrange ! Les fous dont les manies peuvent éclater en fureurs sont des plus recherchés par les campagnards gheelois, qui tirent parti de leur travail pour la culture des fermes. Un idiot, un imbécile, un dément, affaiblis de l'esprit et du corps, ne leur promettant aucun concours, seront des bras inutiles; aussi leur préfère-t-on des hommes pleins de séve et de vigueur, au risque même de quelques écarts : ce seront de laborieux auxiliaires, chez qui l'habitude du travail diminuera les risques des fureurs accidentelles, dont on viendra d'ailleurs facilement à bout. Au surplus l'expérience, transmise par la tradition et par l'éducation, fortifiée par une pratique de tous les jours, apprend à prévoir l'approche de ces tempêtes, à les conjurer et à les calmer, —quand c'est possible, — et, dans le cas contraire, à les esquiver et laisser passer.

Aussi les accidents qui en résultent sont-ils fort rares. A peine cite-t-on, depuis trois quarts de siècle, deux ou trois attentats graves; on constate en outre, de loin en loin, quelques suicides, quelques querelles, de très-rares grossesses; en un mot, la part de malheurs inséparable de toute réunion d'hommes, mais le tout en proportion plutôt inférieure qu'égale à ce qui se passe dans les asiles les mieux administrés.

Les évasions donnent un souci plus sérieux; elles y semblent si faciles sous un tel régime de liberté, que les étrangers sont bien étonnés d'apprendre combien elles y sont peu nombreuses (de trois à six par an sur un millier de fous). C'est d'abord la jouissance même d'une liberté réelle qui éloigne de l'insensé l'idée d'en conquérir une plus étendue par la fuite. Généralement il se trouve mieux qu'il n'a jamais été, et se tient pour content, surtout s'il a passé par les asiles fermés, de vraies prisons, malgré l'euphémisme du nom. Puis il se laisse peu à peu dominer par l'empire des habitudes et des attachements. Puis la presque totalité des aliénés sont catholiques et bons croyants ; ils ont foi dans l'intercession puissante de sainte Dymphne : en s'éloignant de son église, de son tombeau, de la commune qu'elle protége, ils perdraient le bénéfice de son patronage et la chance de guérison. Enfin, la surveillance des nourriciers fait le reste; responsables de

leurs pensionnaires, ils seraient tout au moins rayés des cadres s'ils se montraient négligents. Comme le devoir, l'intérêt et la responsabilité sont les mêmes pour tous les nourriciers, il en résulte entre tous une confraternité qui couvre la commune entière d'un réseau invisible de surveillance. A Gheel, on est expert en fait de folie et d'évasion; on connaît d'ailleurs de figure et d'allure la plupart des malades. En aperçoit-on quelqu'un qui semble vouloir se sauver à travers les champs ou les bois, qui s'éloigne trop des routes battues, chacun spontanément s'avance vers lui pour le ramener au logis. Un malade manque-t-il dans une maison, aussitôt avis en est donné par le nourricier à la police et à la gendarmerie, et la nouvelle est transmise au plus vite dans les communes limitrophes : il est bien rare que l'évadé ne soit pas repris, et, pour encourager le zèle de chacun, il est accordé une gratification de 1 franc par lieue de parcours à quiconque ramène un fou à Gheel.

Ces mesures n'ont pas paru suffire vis-à-vis de certains aliénés, pour lesquels la tentative d'évasion est une véritable manie presque invincible; à l'égard de ceux-ci, des moyens de contrainte ont toujours été autorisés sous des formes variables avec les époques. Autrefois, quand la barbarie régnait dans les salles d'hôpitaux consacrés aux aliénés, où ils étaient chargés de chaînes, la commune de Gheel pratiquait aussi l'emploi des chaînes, quoique en des cas beaucoup moins fréquents. Mais l'humanité a suivi là, comme ailleurs, les progrès de la science. Aujourd'hui les chaînes et les colliers ont disparu; il ne reste plus, outre la camisole de force contre les accès de fureur, que de légères entraves aux pieds contre les évasions : ce sont des chaînettes de 30 centimètres de long, de fer, qui se terminent par deux anneaux bien rembourrés que l'on passe autour des deux pieds; le poids total est de 75 grammes (2 onces et demie). Le médecin seul peut en autoriser l'emploi. Il n'en résulte ni excoriation, ni fatigue : une simple difficulté de marche qui ne permet pas au malade de courir. A cela se borne toute la contrainte, laquelle respecte, comme vous voyez, la libre circulation dans la maison et hors de la maison, et tous les avantages de la vie commune. Il n'y a qu'une philanthropie peu sincère et une science systématiquement hostile qui puissent se récrier contre de telles entraves, en affectant de les confondre avec les chaînes d'un autre âge et d'autres pays. Que sont ces obstacles, comparés à cette grande camisole de force, suivant l'expression d'un médecin, qui, sous l'apparence de hautes murailles, pèse sur les hôtes infortunés des asiles? On a glorifié Pinel et ses disciples pour avoir fait tomber les chaînes qui pesaient jadis sur les malheureux fous dans leurs cabanons infects; mais tout établissement fermé est lui-même une chaîne, la plus lourde de toutes, qui doit tomber à son tour, sauf pour les aliénés véritablement dangereux.

Je n'ignore pas qu'un médecin anglais, le docteur Conolly, imité par plusieurs de ses compatriotes, a mis en honneur le *no-restraint*, qui consiste dans la suppression absolue de toute contrainte. Mais ce système exige tant d'appareils préservateurs, tant de murs matelassés, tant de serviteurs empressés, qu'il ne peut profiter qu'aux riches, et encore j'incline à penser, — sans d'autre autorité, il est vrai, que la connaissance des lois générales de l'être humain, — que des aliénés se trouvent plus heureux de pouvoir circuler partout, quoique à pas lents, — comme feraient à peu près des boiteux, — que e tenus en liberté dans des habitations qui les isolent de la société. La stabulation sous aucune forme, même dans des chambres doublées de caoutchouc et mollement capitonnées, n'est le régime naturel de l'homme, qu'il soit sain ou malade.

On doit souhaiter seulement que les entraves soient réduites à Gheel autant que possible; qu'elles ne deviennent pas un moyen commode de s'affranchir d'une surveillance personnelle, qui est le devoir des nourriciers. La réforme déjà accomplie dans cette voie n'a probablement pas encore atteint son dernier terme, car on compte encore cinquante à soixante *entravés* sur un millier de pensionnaires. Les encouragements en honneurs et en argent, distribués dans les solennités locales aux meilleurs nourriciers, provoqueront de nouveaux efforts, si l'on en accorde spécialement à ceux qui auront renoncé à la chaînette, là où elle eût paru justifiée.

D'après cet aperçu, vous pouvez donc accorder toute votre confiance au régime de Gheel, sans vous préoccuper d'accidents qui en annuleraient les bienfaits. Ces bienfaits sont attestés par les cordiales relations qui s'établissent fréquemment entre les malades guéris ou leurs familles et les nourriciers chez qui ils ont recouvré la santé. Des diverses communes de la Belgique, de Bruxelles surtout, qui fournit le plus de pensionnaires, des voyages ont lieu tous les ans vers Gheel, sortes de pèlerinages inspirés par la reconnaissance et la foi. Les nourriciers exercent toujours une cordiale hospitalité envers leurs anciens pensionnaires ou leurs parents; c'est même une libéralité qui leur est habituelle vis-à-vis de ces derniers, quand la famille vient visiter un de ses malades (1). Dans ces touchantes entrevues se ravivent les souvenirs affectueux et se resserrent les liens du cœur.

La cordialité envers les aliénés se fortifie à Gheel, — je ne cherche pas à le dissimuler, — par un intérêt bien réel et bien compris. Grâce à leur entretien, devenu une industrie spéciale, la commune s'est enrichie; elle est la plus prospère de toute la Campine. Quelques chiffres vous expliqueront ce phénomène économique : à 300 francs seulement de prix moyen de pension, mille aliénés versent dans la localité 300 000 francs par an; en tenant compte de l'argent de poche que reçoivent de leur famille un assez grand nombre de malades, des dépenses qu'y font les parents et les visiteurs, du service médical en partie payé par l'État, on ne peut évaluer à moins de 400 000 francs par an, 4 millions tous les dix ans, le revenu que les habitants de Gheel retirent de l'aliénation mentale. Aussi la bonne renommée de leur colonie est-elle un patrimoine commun, dont ils se montrent justement jaloux, sans afficher cependant aucun orgueil, car jusqu'à ce que des étrangers soient venus les révéler à eux-mêmes, ils faisaient, et la plupart font encore, — des merveilles de philanthropie, sans le savoir.

V

Il ne me reste qu'à tirer, de ce curieux phénomène médico-psychologique dont je vous ai présenté le tableau, quelques-unes des conclusions qu'il autorise.

(1) Tout récemment une mère qui, sur mon conseil, a conduit son fils à Gheel, a voulu passer huit jours dans la maison où le docteur Bulckens le plaçait, afin de voir par elle-même comment il y serait traité. Au moment de partir, ayant voulu payer sa dette, elle n'a pu rien faire accepter du nourricier, que ses remercîments. Le prix de pension était pourtant bien modeste : 600 francs par an !

La première, c'est que l'on enferme beaucoup d'aliénés qui pourraient être maintenus en liberté, moyennant les soins convenables. La statistique médicale ne porte pas à plus de 12 pour 100, soit un huitième, la proportion des insensés dangereux et vis-à-vis desquels la séquestration continue est imposée par la sécurité publique. Dût-on doubler, tripler cette proportion, on resterait encore bien loin du système qui prévaut de plus en plus, et qui réduit fort les bienfaits de la réforme introduite par Pinel. Avant cet illustre médecin philanthrope, les fous enfermés étaient assurément beaucoup plus malheureux qu'ils ne sont aujourd'hui ; mais on n'enfermait que les furieux : les aliénés placides et inoffensifs restaient en liberté, dans leur famille ou leur commune, sous la sauvegarde de la pitié publique : cette liberté leur était certes beaucoup plus agréable que l'asile fermé, quel qu'en soit le régime. Si les familles et les communes en sont aujourd'hui débarrassées, c'est souvent, il faut bien le reconnaître, aux dépens des malades. De bonnes raisons peuvent justifier cet éloignement, cet isolement, comme disent les médecins; mais s'il était possible en même temps de respecter la liberté chez ceux en qui elle est inoffensive, ne serait-ce pas concilier tous les intérêts et tous les sentiments? L'exemple de Gheel prouve que cela est possible.

De cette possibilité dérive, comme seconde conclusion, le devoir de tenter quelque imitation en appliquant les mêmes principes : vie dans une famille hospitalière, liberté de circulation, travail volontaire, fusion apparente avec l'ensemble de la population raisonnable, surveillance continue, mais adoucie et voilée, traitement moral en permanence, traitement thérapeutique à l'occasion. Nul ne prétendra qu'une telle innovation soit chose facile, tant elle heurte les habitudes administratives et les préventions populaires : il manquera, surtout au début, — et peut-être est-ce le principal obstacle, — des familles voulant et sachant conduire une entreprise aussi délicate que neuve. A Gheel, la foi, les mœurs, les siècles, ont introduit des traditions qu'ailleurs il faudra créer. Néanmoins la science aujourd'hui supplée en partie par ses enseignements à ce qu'inspira jadis la charité; elle guide, elle soutient les tentatives fondées en raison; mieux que la routine elle peut prévenir certains abus. Enfin le dévouement, bien que rare, n'est pas le privilége exclusif des habitants de la Campine, alors surtout qu'il s'accorde, comme à Gheel, avec l'intérêt. Le prix moyen de pension d'un aliéné est, en France, de 1 franc; à ce taux, la pension annuelle monterait à 365 francs, ce qui est un supplément de revenu bien propre à encourager le zèle d'une famille de cultivateurs et d'artisans. On ne devra cependant pas perdre de vue que la réforme s'accommoderait mal de la dissémination des aliénés dans des familles éparses à travers des localités éloignées : le rapprochement au sein d'une même commune peut seul susciter un esprit d'ensemble fondé sur la solidarité d'honneur et d'intérêt, organiser la police facile et la surveillance collective, mettre les mœurs au ton de la douceur et de la bonté, faciliter l'inspection des administrateurs et le traitement médical. Découvrir quelque commune propre à ce rôle, par le caractère de ses habitants et la nature des lieux exempts de dangers, telle est la tâche des hommes de bien à qui pèse, comme un reproche de l'humanité, l'incarcération imméritée de tant de malheureux. La France, qui a donné le signal d'une première réforme, doit tenir à honneur de ne pas rester en arrière de la Belgique.

On peut concevoir le progrès nouveau comme conçu à priori, sous la forme d'une colonie d'aliénés créée de toutes pièces en quelque pays propice. A l'Exposition universelle figurait une maison modèle, fragment d'un plan d'ensemble d'une telle colonie, qui se voyait à l'intérieur avec tous ses détails. C'est le docteur Mundy qui en avait fait les études et dirigé la construction, afin de saisir par les yeux l'intelligence du public. Il y a réussi, car sa maison a été visitée par 200 ou 300 000 personnes; cependant, par une fatalité singulière, cette jolie petite maison, qui relevait de trois groupes, qui était placée bien en vue entre la brasserie viennoise et la brasserie bavaroise, deux endroits les plus hantés, qui portait sur ses quatre faces inscrite en quatre langues sa distinction : *Maison modèle pour le traitement des aliénés en famille*, — cette maison a eu la triste chance de n'être découverte ni visitée par aucun des jurys, comme si elle eût été entourée du mystérieux anneau de Gygès : aussi n'a-t-elle obtenu aucune récompense, autre que l'estime pour l'idée et la sympathie universelle pour l'exposant.

Enfin, et en attendant que l'exemple de Gheel porte ses fruits, c'est faire acte de justice et de loyauté que de l'apprécier à sa valeur, d'en répandre le nom dans le monde comme une bonne semence, de défendre l'œuvre contre des critiques aveugles et des préventions systématiques. Spectacle vraiment surprenant ! La presque totalité des médecins qui déprécient Gheel, après l'avoir longtemps ignoré, ne se sont pas donné la peine d'aller le voir, et ils n'en persistent pas moins à déblatérer contre ce qu'ils ignorent. Quelques-uns y ont été et n'en sont revenus qu'à demi-convertis, parce qu'ils l'ont visité avec de telles écailles sur les yeux, qu'ils n'y ont pas aperçu ce qui en est le ressort moteur : le cœur, qui anime la famille dans les soins divers, et la liberté, qui réjouit le malade; ils n'ont examiné que la vie matérielle, comme si elle n'était pas, surtout pour des malheureux sujets à tant d'illusions, dominée par la vie morale, et absolument anéantie dans les asiles fermés et les maisons de santé.

Il est temps d'en finir avec ces préjugés, afin de comprendre cet enseignement au grand jour, dix fois séculaire, que donne au monde une simple commune belge qui, par la charité, a devancé la science, tout en recevant de celle-ci, de nos jours, le plus salutaire appui. Les conditions les plus favorables pour conserver la raison et la santé, — la famille, la liberté, le travail, la considération, — sont aussi les meilleures pour les rétablir, parce qu'elles répondent aux lois essentielles de la nature humaine. Dût le patronage familial, tel qu'il existe à Gheel, dépasser pour longtemps encore nos propres forces, rendons-lui du moins hommage comme au vrai modèle du traitement de l'aliénation mentale, — ainsi que font les artistes qui, en face des œuvres d'un grand maître, donnent libre cours à leur admiration, et ne se croient pas en droit de les déprécier, parce qu'ils ne se sentent pas capables de les égaler; ils les étudient avec respect pour en approcher autant que possible. Ainsi devons-nous faire administrateurs, médecins, simples citoyens.

JULES DUVAL.

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. P. SCHUTZENBERGER.

Le Soufre.

Mesdames, Messieurs,

Le mot *soufre* rappelle à notre esprit une idée nette et précise, celle d'un corps doué de qualités bien définies, de cette substance jaune que nous manions journellement, étendue en couches minces à l'extrémité des allumettes qui nous servent à produire instantanément le feu, c'est-à-dire la chaleur et la lumière.

Il n'en était point ainsi autrefois : les anciens chimistes appliquaient le nom de *soufre* à toutes les matières inflammables, quelles qu'elles fussent, aussi bien au soufre commun de la poudre à canon et des allumettes qu'aux bitumes, au naphte et aux huiles. C'est qu'en effet, d'après l'idée que l'on se faisait de la constitution des corps, la propriété de s'enflammer et de brûler facilement était due à la présence, dans tous les corps combustibles, du même principe, et ce principe était appelé *soufre*.

A côté du soufre, le sel et le mercure, expressions d'un sens tout aussi vague que la première, jouaient un grand rôle dans la chimie et la médecine du XVIe et du XVIIe siècle.

Si le soufre représentait la partie inflammable des corps, le sel était l'élément fixe inaltérable au feu, et le mercure l'élément volatil sans décomposition. Le soufre, le mercure et le sel constituaient donc l'essence de tous les corps solides.

Nous n'étendrons pas notre sujet vers les vastes horizons que nous offre l'alchimie, et, plus modestes dans nos vues, nous n'examinerons ensemble que les propriétés du soufre commun, du vrai soufre. La question ainsi limitée n'en sera pas moins chargée de faits intéressants.

Le soufre, ai-je besoin de vous le dire, est un des corps simples de la chimie moderne; il a résisté jusqu'à présent à tous les efforts tentés pour le partager en éléments nouveaux. Ce point n'a été mis hors de doute que par les travaux de Lavoisier et de son école. Dans les mémoires de l'ancienne Académie des sciences, en 1703 par exemple, le soufre commun est encore envisagé comme formé de quatre matières différentes : de terre, de sel, d'une matière grasse ou inflammable et d'un peu de métal. Les trois premières matières y sont à peu près en proportions égales et sont presque tout le corps du soufre épuré par sublimation et séparé de sa terre superflue.

Permettez-moi, avant d'aller plus loin, de plaider en quelques mots la cause de mon sujet, et de vous faire entrevoir qu'il est digne de figurer dans une de ces conférences où vous êtes habitués à voir se dérouler sous vos yeux les questions les plus capitales de la science.

A quelque point de vue que l'on se place, le soufre mérite de fixer notre attention. Par la singularité de ses allures, qui en font je dirai volontiers, si j'osais personnifier un instant la matière, un véritable original parmi les corps de la nature, il a de tout temps fixé l'esprit curieux des savants.

Il est connu depuis la plus haute antiquité, maniable en grandes masses, et, malgré ces conditions, on ne peut plus favorables à une étude approfondie de ses propriétés, il laisse encore bien des sujets d'investigations aux générations futures.

Nos maîtres modernes les plus illustres n'ont pas dédaigné de porter la main sur cette énigme incomplétement devinée. Feuilletons nos annales, et nous y trouverons d'importants travaux publiés sur le soufre par MM. Sainte-Claire Deville, Berthelot.

Si nous cherchons le côté utile et pratique, nous aurons encore tout lieu d'être satisfaits. Le soufre n'est-il pas, en effet, un médicament précieux, héroïque, un spécifique énergique et sûr dans un grand nombre d'affections, et notamment celles de la peau? Et lorsque vous saurez que l'industrie française consomme à elle seule près de 60 millions de kilogrammes de soufre par an, vous serez persuadés comme moi qu'après le fer, le cuivre et le charbon, le soufre est l'élément le plus indispensable aux arts chimiques, une des pierres fondamentales de nos grandes industries. Je serais heureux si, dans les quelques instants que vous voulez bien me consacrer, je réussis à faire ressortir la double importance scientifique et pratique de ce corps.

Si le proverbe suivant lequel l'exception confirme la règle est vrai, le soufre est un corps précieux pour les lois de la chimie et de la physique, car il en est peu qu'il ne semble contredire.

Ainsi, généralement, un corps solide amené par la chaleur à cet état particulier que nous appelons liquide revient par le refroidissement à sa forme première, exactement à la température où la fusion a commencé. Le plomb fond à 335 degrés, et réciproquement, le plomb fondu commence à se solidifier dès que la température s'abaisse au-dessous de 335 degrés. Quelques corps cependant échappent à la précision mathématique de cette loi; une fois liquéfiés, on peut, dans certaines conditions, abaisser la température d'un certain nombre de degrés au-dessous du point de fusion. L'eau, l'acide acétique cristallisable, offrent ce singulier phénomène de surfusion. Le soufre est dans le même cas. Il fond à 111 degrés, et devrait se solidifier à 110 degrés. Voici pourtant du soufre liquide dans ce matras entouré d'eau à 95 degrés; il y est depuis trois quarts d'heure, il a donc pris la température du milieu ambiant (95 degrés), et cependant il reste fluide à 16 degrés au-dessous de son point de fusion. Je puis agiter le vase, y promener cette baguette, rien ne se modifie; mais laissons tomber un fragment, quelque petit qu'il soit, de soufre solide: ah! immédiatement, la prise en masse a lieu.

Le soufre fondu et maintenu vers 120 degrés est assez mobile et jaune clair; il ressemble à de l'huile d'olive chaude. Chauffons davantage, montons à 180 degrés, et le voilà qui passe presque instantanément à l'état d'un sirop épais et tellement visqueux, que nous pouvons renverser le vase sans qu'il s'écoule quoi que ce soit. A une température plus élevée, nous observons encore un autre phénomène : déjà la teinte jaune a disparu, le soufre a pris une couleur tellement foncée, qu'elle paraît noire. Enfin, à 444 degrés, le liquide, redevenu plus mobile, entre en ébullition et distille.

Si maintenant nous laissons refroidir le vase, la matière va repasser en sens inverse par tous les états que nous venons de parcourir. Mais, chemin faisant, nous constaterons l'effet de la trempe sur le soufre très-chaud. Vous savez que, par un refroidissement brusque, l'acier perd sa malléabilité, et devient dur et cassant. Le soufre, au contraire, reste mou et élastique, et ce n'est qu'au bout de quelques jours qu'il reprend sa forme ordinaire.

Le soufre liquide, abandonné à lui-même dans un vase ou-

vert, ne se solidifie pas brusquement dans toute sa masse comme dans l'exemple de surfusion que nous venons de réaliser. La transformation d'un état à l'autre a lieu des parois du vase et de la surface au centre; de sorte qu'en versant l'excès de liquide non encore figé, nous mettons à nu de longues et belles aiguilles prismatiques de soufre cristallisé.

Voici encore un autre procédé permettant d'obtenir du soufre en cristaux; il rappelle celui qui sert à la cristallisation du sucre.

On dissout le corps dans un liquide convenable; dans le cas actuel, le plus avantageux est le sulfure de carbone, dont je vous parlerai tout à l'heure. La solution une fois faite, abandonnons-la à elle-même dans un vase ouvert.

Le dissolvant volatil disparaît peu à peu, en même temps que le soufre dissous cristallise.

Mais remarquez que ces cristaux ne ressemblent nullement aux premiers : au lieu de prismes, nous avons des octaèdres. Les deux figures projetées sur le tableau vous montrent nettement la différence. Les octaèdres préparés avec le sulfure de carbone sont semblables de forme aux cristaux naturels de soufre (fig. 92, 93, 94).

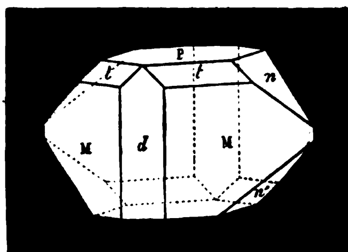


Fig. 92. — Soufre prismatique (5e système).

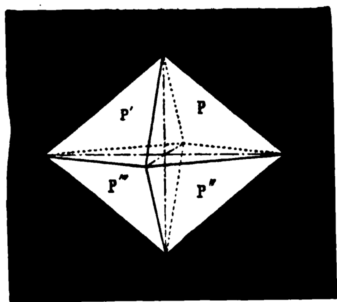


Fig. 93. — Soufre octaédrique (4e système).

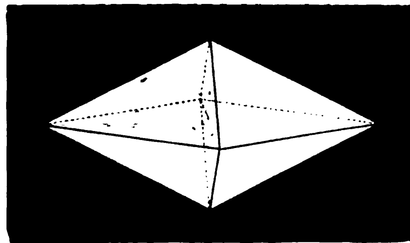


Fig. 94. — (Cette figure et les deux précédentes sont extraites de la *Chimie* de MM. Pelouze et Frémy.)

Le soufre, nouvelle exception, peut donc affecter deux formes cristallines; en un mot, pour exprimer le fait dans un langage scientifique, il est dimorphe.

En répétant les expériences de surfusion que je vous ai présentées au commencement de la séance, j'ai pu observer un fait intéressant qui n'a pas encore été signalé. Le soufre, maintenu liquide à 95 degrés, et par conséquent en surfusion, dépose, au bout d'un temps plus ou moins long, des cristaux volumineux; ces cristaux, qu'on voit grossir isolément au sein de la masse fluide, sont octaédriques. En décantant rapidement l'excès de liquide qui se fige alors presque immédiatement, on met à nu les cristaux jaunes transparents et tout à fait semblables à ceux de la nature.

Ce phénomène permet d'expliquer la formation des cristaux de soufre natif, restée obscure jusqu'à présent. Rien ne s'oppose à admettre, en effet, que le soufre fondu en grande masse a pu rester liquide à une température au-dessous de 100 degrés; il a déposé lentement des cristaux octaédriques. A un moment donné, le soufre resté fluide a pu s'échapper et laisser libres les cristaux (1).

Nous n'avons pas encore épuisé le chapitre des singularités. Je viens de vous dire que ce corps est très-soluble dans le sulfure de carbone; et, en effet, versons ce liquide dans le matras contenant du soufre, vous le voyez, la dissolution est presque instantanée. Mais voici une variété de soufre parfaitement pure, nous ajoutons le même sulfure dans les mêmes proportions : la dissolution n'a pas lieu.

Toutes ces expériences, et bien d'autres que je passe sous silence, nous révèlent donc un fait dominant : le soufre, suivant les conditions dans lesquelles il a été obtenu, peut affecter un grand nombre d'états distincts les uns des autres par des caractères bien tranchés. Il partage cette faculté de métamorphose avec quelques autres éléments, le phosphore entre autres, qui tantôt est jaune clair transparent, tantôt rouge et opaque.

Jusqu'à présent tous les échantillons de soufre que nous avons maniés étaient jaunes ou rouge brun; cependant, dans un grand état de division, ce corps paraît bleu pourpré.

Je mélange ces deux liquides : l'un contient de l'hydrogène sulfuré, l'autre du perchlorure de fer. L'action mutuelle met du soufre en liberté, et, au premier moment, le liquide est bleu pourpré. Ceci me rappelle un fait intéressant.

Il existe un minéral assez rare employé dans l'ornementation architecturale, et comme couleur. Il est connu sous le nom de *lapis-lazuli* ou *outremer*, et se trouve principalement dans la grande Bukharie. Cette pierre bleue est composée de silice, d'alumine et de soude, incapables d'engendrer par elles-mêmes, seules ou combinées, le moindre effet colorifique. La teinte est due à du soufre dans un état particulier, et la preuve, c'est que si je traite cette poudre bleue par un acide, il se sépare du soufre sous forme d'hydrogène sulfuré; en même temps la couleur disparaît. L'outremer réduit en poudre servait autrefois à la peinture fine, et coûtait 600 francs le kilogramme. En 1824, un fabricant nommé Tassaert observa dans un four à soude la production d'une masse bleue semblable à l'outremer. Vauquelin l'analysa, et reconnut qu'elle en avait la composition.

De là à l'idée de la possibilité de reproduire artificiellement ce précieux minéral, il n'y avait qu'un pas. La Société d'encouragement proposa un prix de 6000 francs en faveur de celui qui trouverait un moyen de la fabriquer de toutes pièces.

(1) Au moment de la leçon, je n'avais pu encore déterminer avec certitude la forme cristalline des cristaux obtenus ainsi, et j'ai cru devoir passer sous silence cette observation.

Deux ans après, et rappelez-vous que nous sommes en 1826, que M. Sainte-Claire Deville n'avait pas publié ses admirables méthodes de synthèse des minéraux, et que la chimie ne disposait pas des puissants moyens d'aujourd'hui; deux ans après, le problème était résolu presque simultanément par Guimet en France et Gmelin en Allemagne; et il le fut si bien, que de grandes usines s'emparaient de la préparation de l'outremer artificiel, et le livrèrent bientôt en poudre plus belle encore que la nature, à un prix qui aujourd'hui atteint 1 franc à 1 fr. 50 c. le kilogramme pour les qualités inférieures.

Nous ne remplirions qu'une faible partie de notre tâche si, après avoir envisagé le soufre en lui-même, nous négligions de le mettre aux prises avec les autres éléments. Ici encore il se révèle à nous avec un caractère propre et original que je puis définir en deux mots. Seul parmi les corps simples, il est à la fois, et au même degré, combustible et comburant. Il brûle dans l'oxygène avec une belle flamme bleue; cette flamme renferme beaucoup de rayons chimiques plus réfrangibles que les rayons violets, obscurs par conséquent, mais capables d'exercer une action chimique et d'éclairer d'une teinte violette des caractères tracés au sulfate de quinine. J'espérais pouvoir vous rendre témoins du phénomène; mais, en répétant l'expérience, j'ai dû, tout en confirmant le fait, reconnaître qu'il était trop peu apparent pour une démonstration publique.

En s'unissant ainsi à l'oxygène, le soufre se convertit en un gaz acide incolore, possédant cette odeur forte et irritante que vous connaissez bien. Ce gaz, c'est l'acide sulfureux. Le voici liquéfié par le froid dans le ballon.

Il est surtout remarquable par son pouvoir décolorant; de là ses applications dans le blanchiment de la laine et de la soie.

Vous voyez, en effet, que quelques gouttes de cette solution d'acide sulfureux suffisent pour détruire cette belle couleur rouge. Cependant quelques matières colorantes, telles que l'indigo, semblent résister; mais alors il suffit d'exalter son pouvoir par l'addition de zinc, et l'action se fait immédiatement.

Le phosphore, qui s'enflamme si facilement à 65 degrés, est phosphorescent, au contact de l'air, à la température ordinaire. Vous ne serez pas étonnés de retrouver cette même qualité dans le soufre, qui s'enflamme à 250 degrés; mais alors il faut opérer à une température plus élevée.

Je frotte du soufre sur cette brique chaude, et vous voyez clairement des lueurs qui ne sont pas dues à la combustion vive.

Le soufre brûle aussi dans le chlore en fournissant ce liquide jaune, le chlorure de soufre.

Son rôle comme comburant, rôle qui en fait l'analogue de l'oxygène dans la série des éléments, nous est révélé par la facilité avec laquelle il s'unit aux métaux. Le cuivre en poudre prend feu dès qu'il arrive en contact avec la vapeur de soufre.

Une barre de fer rougie est percée par un morceau de soufre qu'on y applique.

Cette belle expérience développerait trop de vapeurs irritantes pour être tentée ici.

Ce que je viens de vous dire des affinités puissantes du soufre, nous le déchiffrons à première vue dans le grand livre de la nature.

Partout où le soufre, volatilisé par la chaleur souterraine, arrive au contact de l'air, à une température élevée, il brûle et donne de l'acide sulfureux.

De là la présence constante de ce gaz dans les émanations volcaniques pendant les diverses périodes d'activité. Partout où le soufre rencontre des métaux, il doit former combinaison avec eux. De là les dépôts abondants de sulfures accumulés dans les puissants filons qui alimentent nos usines métallurgiques.

Pour expliquer l'accumulation continuelle du soufre dans le cratère des volcans, et surtout dans les anciens cratères, qui n'ont plus qu'une activité du troisième ordre, comme celui de la grande Solfatare près de Naples et du volcan du Popocatepetl au Mexique, on a supposé l'existence de couches profondes de soufre se volatilisant peu à peu. Cette opinion semble corroborée par les observations géologiques. Elles nous révèlent, en effet, des dépôts de soufre dans divers terrains. Ainsi, en Sicile, en Catalogne, dans les basses Pyrénées, ce corps forme des amas irréguliers entre des couches de marnes azurines et reposant sur le calcaire crétacé au-dessous des terrains tertiaires. Il y est ordinairement associé à du sel gemme, du gypse et du succin.

Les travaux modernes ne sont pas favorables à cette opinion.

Il paraît prouvé maintenant que l'origine du soufre libre est partout et toujours liée à des phénomènes volcaniques anciens ou récents. Partout où il y a du soufre, on rencontre des signes certains de l'activité du feu souterrain. Je regrette de n'avoir pas visité moi-même les solfatares et les soufrières de Sicile et de la Grèce. Mais, à défaut d'expérience personnelle, j'ai cherché à m'inspirer de ceux qui avaient vu. J'ai eu le plaisir de causer *soufre* et *volcans* avec M. Fouqué, bien connu par ses remarquables recherches sur les volcans de l'Italie, de la Grèce et des Açores, et, si j'ai le bonheur de pouvoir vous indiquer quelques faits nouveaux et originaux sur cette importante question, c'est à lui que je le dois.

La décomposition de l'hydrogène sulfuré est la *cause unique* de la formation des dépôts de soufre, aussi bien dans les anciens cratères des volcans qui n'émettent plus de lave que dans les terrains volcaniques.

L'hydrogène sulfuré composé, formé par l'union du soufre et de l'hydrogène, est un gaz incolore doué d'une odeur fétide d'œufs pourris; il brûle au contact de l'air en donnant de l'eau et de l'acide sulfureux. Il prend naissance dans bien des circonstances, et nous ne serions nullement embarrassés pour faire des hypothèses plus ou moins spécieuses sur son mode de production dans les profondeurs de la terre. Toujours est-il qu'il apparaît d'une manière constante comme l'un des produits si variés qui composent les émanations volcaniques. Dans les premières périodes d'une éruption, il arrive au contact de l'air en même temps que la lave incandescente, et il brûle presque complétement : de là l'acide sulfureux si sensible à l'odorat; cependant, même alors, une petite fraction de ce gaz échappe à la destruction et se révèle par ses caractères propres. Plus tard, lorsque la grande effervescence est calmée, le cratère ne vomit plus de flammes, mais il continue longtemps, pendant des siècles souvent, à dégager par ses fissures des gaz en grande partie formés d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Alors s'établit un travail lent et continu qui représente la véritable phase de production du soufre. Le gaz sulfhydrique, en contact avec la

lave chaude, mais non plus incandescente, et avec une quantité d'air limitée, insuffisante pour le brûler en totalité, subit une combustion incomplète : l'hydrogène est transformé en eau, une partie du soufre se convertit en acides sulfureux et sulfurique, une autre portion devient libre et se dépose.

Nous pouvons répéter le même phénomène sur une petite échelle. Voici dans ce flacon de l'hydrogène sulfuré, il est mélangé à un cinquième de son volume d'oxygène. J'y plonge ce fragment de pierre ponce poreuse et chaude : vous voyez qu'elle n'est pas incandescente; immédiatement il y a combustion et dépôt de soufre qui couvre les parois du flacon.

Ce dépôt est bien faible; mais vous vous rappellerez que la nature dispose d'un élément précieux et qui nous fait défaut, le temps. Nous sommes obligés de vous montrer beaucoup de choses en une heure; elle, compte par années et par siècles.

A Milo, l'une des Cyclades, les soufrières sont ouvertes dans une haute falaise qui descend à pic vers la mer, et qui est formée d'une lave trachytique spongieuse et perméable aux gaz. L'hydrogène sulfuré qui arrive des profondeurs de la terre pénètre dans cette roche spongieuse et chaude, et, à mesure qu'il s'élève dans des couches de plus en plus riches en oxygène, il subit la combustion lente et incomplète que vous venez de voir se réaliser sous vos yeux; le soufre se dépose en particules cristallines et en amas plus ou moins compactes. En même temps que du soufre, il se produit de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique; ce dernier attaque énergiquement les roches volcaniques, les transforme en sulfate de chaux et en une espèce de terre argileuse blanche. La silice devenue libre est entraînée par la vapeur d'eau, se dépose en amas gélatineux qui durcissent, et donnent à la fin de véritables meulières.

Partout les mêmes phénomènes se reproduisent avec des apparences analogues : à Vulcano, dans la grande Solfatare près de Naples, au Mexique, aux Açores.

Rappelons en passant les nombreuses sources sulfureuses, riches en acide sulfhydrique, dont la thérapeutique tire un si grand parti. Leur mode de formation n'est pas douteux : dans un grand nombre de cas, elles prennent naissance par la dissolution du gaz sulfhydrique dans l'eau. Les anciens, si jaloux de la beauté physique, faisaient un grand usage de ces sources, dont l'effet le plus marqué est la guérison prompte des maladies de la peau. Aussi n'est-il pas étonnant de voir le culte de Vénus, déesse de la beauté, en faveur dans les localités où les eaux sulfureuses étaient utilisées. Aujourd'hui encore, en Italie, près de chaque source, se trouve une chapelle dédiée à une sainte, qui, suivant le pays, porte les noms de *Venera*, *Venerea*, *Venerina*. L'étymologie est claire : ces chapelles sont d'anciens temples païens transformés en monuments chrétiens, et la sainte Venera n'est autre que la Vénus païenne.

N'est-ce pas à Milo que l'on a trouvé cette belle statue de Vénus, un des chefs-d'œuvre de l'art antique?

Parmi les excrétions volcaniques, j'ai signalé à la fois l'acide sulfureux et l'hydrogène sulfuré; or ces deux gaz ne peuvent exister simultanément en présence sans réagir et déposer du soufre.

Il est possible que cette action remarquable se réalise dans la nature. Il nous resterait à expliquer la production de l'hydrogène sulfuré, mais ici nous ne sommes pas embarrassé.

Beaucoup de sulfures métalliques se décomposent, sous l'influence de la vapeur d'eau, en oxyde et acide sulfhydrique. Ajoutons que certains sulfates, le gypse, par exemple, se réduisent en présence des matières organiques en voie de décomposition, donnent de l'hydrogène sulfuré, et partant du soufre.

La plus grande partie du soufre consommé en Europe vient de Sicile. L'exploitation est simple. Le soufre est libre, mélangé à des substances terreuses; la fusion et la distillation suffisent pour l'en séparer.

Vous voyez sur le tableau les divers appareils employés pour atteindre ce résultat.

Dans cette chaudière de fonte, on liquéfie les minerais riches; la terre se réunit au fond, et le soufre, ainsi purifié, est enlevé avec des cuillers et coulé dans l'eau.

Le minerai est-il pauvre, on le distille dans des pots de grès disposés comme le montre la figure 95.

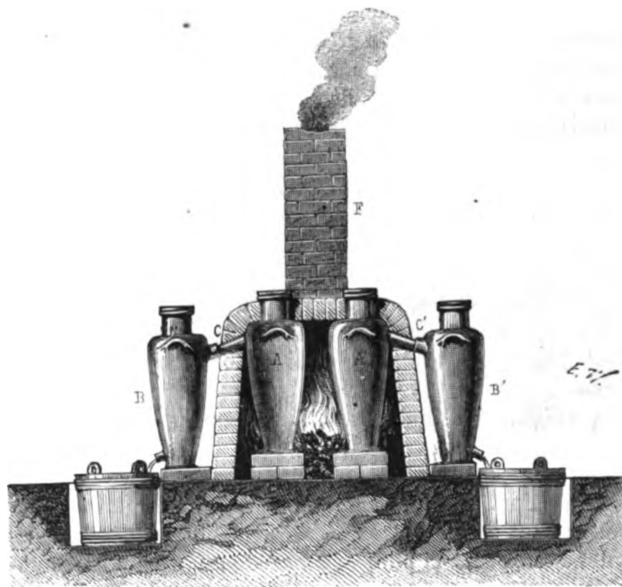


FIG. 95. — Appareil pour la distillation du minerai de soufre. — A, A, pots où l'on charge le minerai; B, B', pots où se condense le soufre; C, C', four allongé; E, cheminée. — (D'après la *Chimie industrielle* de M. Girardin.)

Cette méthode a été usitée en Sicile jusque vers 1830; c'est le procédé dont se servaient les Grecs et les Romains, et à Milo on voit une plaine de plusieurs hectares couverte de monticules formés par les débris de pots de grès provenant d'anciennes exploitations.

Ces pots ont tout à fait la forme de ceux qui sont représentés dans les ouvrages classiques de chimie.

Les anciens possédaient un tact merveilleux pour découvrir les gisements productifs; ils exploitaient par galeries couvertes. Aujourd'hui on procède généralement à ciel ouvert. Les Anglais et les Américains, qui se partagent l'extraction du soufre à Milo, savent très-bien que partout où ils attaquent la roche sur les traces d'anciens travaux, ils sont sûrs de réussir.

Le combustible nécessaire au travail par les méthodes anciennes fait défaut aujourd'hui. Aussi se sert-on généralement d'un procédé qui dispense de l'emploi de tout combustible.

On creuse des fosses rectangulaires qu'on couvre intérieurement de maçonnerie; on accumule dans ces fosses des fragments de minerai renfermant de 10 à 12 pour 100 de soufre, et l'on allume le tas en réglant la combustion de manière à

liquéfier une partie du soufre par la chaleur produite par la combustion de l'autre partie.

On a alors le soufre brut qui, pour certains usages, doit être raffiné au moyen d'appareils spéciaux dont vous voyez la disposition (fig. 96).

Le soufre chauffé dans cette chaudière par la flamme perdue du foyer se liquéfie, et dépose le gros de ses impuretés. On le décante ensuite dans les cylindres à distillation.

Au début, les vapeurs qui pénètrent dans la chambre se condensent sous forme d'une poudre fine : c'est la fleur de soufre; mais peu à peu les parois de la chambre s'échauffent, le soufre ne se condense plus qu'à l'état liquide et coule au fond, d'où on le fait arriver dans des moules de bois légèrement coniques : ce qui donne le soufre en canon.

Le soufre en fleurs est employé en médecine vétérinaire; pour l'usage interne, il convient de le laver, car il est toujours acide. Il a rendu de grands services à notre industrie vinicole comme moyen de préserver la vigne de l'oïdium, de cette terrible maladie qui a menacé dans sa source une des grandes richesses agricoles de notre pays; et, à cette époque, la fabrication du soufre en fleurs a presque doublé.

Le soufre en canon est principalement consommé dans la fabrication des allumettes, des mèches soufrées et de la poudre de guerre.

Pour les autres applications qui n'exigent pas un produit aussi pur, le soufre brut non raffiné suffit largement.

L'histoire de la découverte de la poudre de guerre, dont le soufre, uni au salpêtre et au charbon, constitue un des éléments principaux, est restée pendant longtemps obscure ou erronée.

La critique historique, si serrée et si consciencieuse, qui caractérise les recherches de nos savants modernes, a fait justice des contes qui se perpétuaient à ce sujet de génération en génération. La légende qui attribue à Roger Bacon l'invention de la poudre, et au moine Berthold Schwartz celle des armes à feu et de la puissance balistique, n'est plus soutenable.

En réalité, la poudre, telle que nous la connaissons, n'est pas sortie des mains d'un seul, elle est le résultat d'une série d'expériences et de recherches accumulées pendant des siècles.

L'art de mélanger le soufre aux diverses substances combustibles, telles que les graisses, les résines, le naphte, et d'employer ces préparations comme moyens offensifs, a pris naissance à une époque très-reculée en Asie. Les Chinois et les Indiens préparaient aussi des feux d'artifice, des pétards et des fusées, dans lesquels entraient le soufre, le charbon et le salpêtre.

Sous Constantin Pogonat et pendant le siége de Constantinople par le calife Mouraïra, les Grecs du Bas-Empire furent mis en possession, par un Syrien nommé Callinique, des procédés usités en Asie pour la préparation et l'emploi de ces fameux feux connus sous le nom de *feux grecs* ou *grégeois*. Ils en firent un secret d'État jusqu'à la prise de Constantinople en 1204, et lui durent de nombreux succès. Toutes les recettes de feux grégeois arrivées jusqu'à nous se résument par la suivante, donnée par un auteur nommé Marcus :

Huile de pétrole	1
Soufre	1
Moelle de canna ferula	6
Graisse de mouton	1
Huile de térébenthine	quantité indéterm.

A partir du XIII[e] siècle, le feu grégeois fut connu des Arabes, qui l'empruntèrent, soit aux Grecs, soit aux Chinois. Bientôt après ils firent subir aux mélanges incendiaires un perfectionnement important en y ajoutant le salpêtre, si abondant en Asie et notamment en Chine. Les auteurs arabes donnent des recettes de poudre formée de salpêtre, de charbon et de soufre dans une foule de proportions. Mais tout cela ne constituait pas encore la poudre balistique. Il fallait, pour arriver à la perfection actuelle, que les progrès de la chimie permissent de mieux épurer le nitre. Toujours est-il que, suivant les savantes recherches de MM. Reinaud et Favé, on doit attribuer aux Arabes l'invention du premier fusil, ou *madfora* (manuscrit arabe du XIV[e] siècle de la bibliothèque de Saint-Pétersbourg).

Le premier manuscrit authentique qui mentionne le canon est daté du 11 février 1325 et de Florence. En 1346, les Anglais lui durent la victoire de Crécy. A partir de ce moment, l'emploi de la poudre et des armes à feu fit en Europe de rapides progrès; et des canons de Crécy au léviathan prussien de l'Exposition de 1867, il y a cinq siècles de perfectionnements continus.

Que reste-t-il, dans tout cela, à Roger Bacon et à Berthold Schwartz dans l'histoire des moyens de tuer? Pour le premier, et sa gloire n'y perd pas, rien qu'une fausse interprétation de quelques passages de ses ouvrages; au second, il reste l'idée de remplacer les canons composés de pièces de fer forgé réunies par des cercles par des bouches formées d'un alliage très-dur, coulées d'une pièce et forées.

Mais quittons la poudre, elle fait bien assez de bruit par elle-même. J'ai hâte d'arriver à l'une des applications capitales du soufre, à la préparation de l'acide sulfurique.

Si vous admettez que ce bloc rouge représente un poids constant de soufre égal à 16, et chacun de ces blocs blancs un poids d'oxygène égal à 8, vous aurez une idée de la composition quantitative de l'acide sulfureux, en fixant à un bloc rouge de soufre deux blocs blancs d'oxygène. Ajoutons à ce composé un nouveau bloc blanc, et nous formons l'acide sulfurique anhydre, ce corps cristallisé en aiguilles soyeuses que vous voyez dans ce ballon, et qui est tellement avide d'eau, qu'au contact de l'air humide, il répand d'épaisses fumées.

Rien n'est plus facile en pratique que de combiner l'oxygène avec l'acide sulfureux.

Nous avons dans ce flacon une solution concentrée de cet acide; dans ce flacon de l'oxygène : faisons barbotter l'oxygène dans le liquide, il sortira, entraînant une forte proportion d'acide sulfureux. Les deux gaz restent séparés; mais dirigeons-les à travers le tube rempli d'éponge de platine, à la température ordinaire. Rien encore, vous le voyez. Enfin, chauffons le platine à 300 degrés, l'acide sulfurique anhydre apparaît en quelques instants.

En s'unissant à l'eau, l'acide anhydre constitue l'acide sulfurique anglais ou monohydraté, ce liquide épais, dense et corrosif, connu autrefois sous le nom d'huile de vitriol. Si la proportion d'eau est moindre, on obtient l'acide fumant de Nordhausen, préparé par la distillation sèche du sulfate de fer dans un appareil représenté figure 97.

Ce corps si important, et pour la préparation duquel on consomme près des deux tiers du soufre employé en Europe, nous allons le voir se former sous nos yeux par les procédés de l'industrie.

Dans ce grand ballon contenant de l'oxygène, je brûle du soufre; il se forme de l'acide sulfureux. En grand, la même opération se fait dans des foyers communiquant avec de vastes médiatement la réaction commence, d'épaisses fumées d'acide sulfurique se développent dans l'appareil, et l'atmosphère se colore en rouge. L'acide nitrique a cédé à l'acide sulfureux

Fig. 96. — Appareil pour le raffinage du soufre et la préparation du soufre en canon et en fleurs. — A, cornue de distillation; B, chambre de condensation; F, foyer; D, carneau; C, chaudière de fonte du soufre brut; *ab*, tuyau de communication entre A et C; KP, soupape de sûreté; GH, ouverture pour l'écoulement du soufre; E, bassin de réception du soufre fondu raffiné; I, baquet pour refroidir les moules M.

Fig. 97. — Appareil pour la préparation de l'acide sulfurique fumant par la distillation du sulfate de fer. — A, cornue pour distiller le sulfate de fer; B, récipients pour l'acide fumant. — (Cette figure et la précédente sont extraites de la *Chimie industrielle* de M. Girardin.)

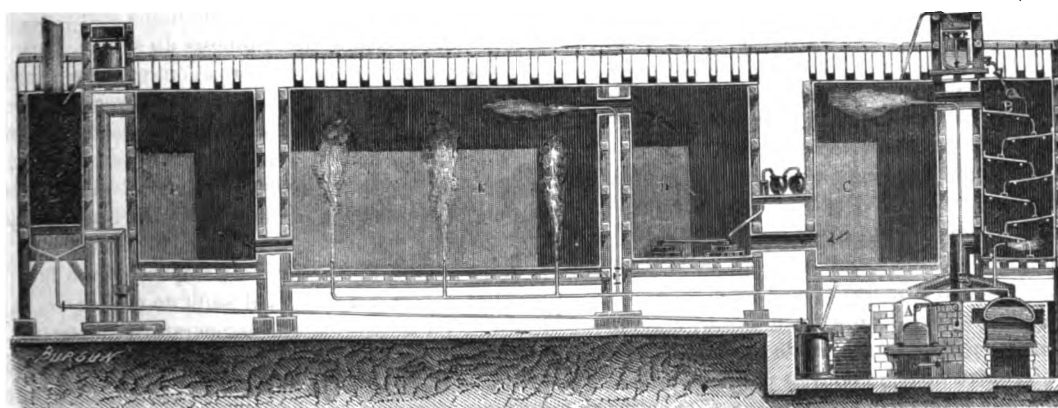


Fig. 98. — Chambres de plomb pour la fabrication de l'acide sulfurique anglais.

chambres de plomb, dont le dessin projeté au tableau vous montre les dispositions (fig. 98). Je laisse maintenant couler dans le ballon, au moyen de cette pipette, de l'acide nitrique; im- une partie de son oxygène et s'est converti en vapeurs nitreuses rouges.

Au contact de l'eau, ces vapeurs nitreuses disparaissent et

sont remplacées par de l'acide nitrique et un gaz incolore, le bioxyde d'azote ; enfin ce dernier peut s'unir à l'oxygène et reproduire les vapeurs nitreuses rouges. En y réfléchissant un peu, vous reconnaîtrez qu'avec une très-petite dose d'acide nitrique, on peut oxyder des quantités indéfinies d'acide sulfureux, à condition de faire intervenir l'air et l'eau.

L'acide sulfurique qui sort des chambres de plomb est trop dilué, on le concentre dans de vastes alambics de platine dont vous voyez ici un spécimen que je dois à l'obligeance de MM. Desmontis et Quenessen.

Les applications de l'acide sulfurique liquide sont si nombreuses, que je renonce à les énumérer toutes. Il intervient d'une manière active dans la préparation de la plupart des acides (nitrique, chlorhydrique, tartrique, etc.). Mais la cause réelle du grand développement pris par cette industrie est bien certainement son intervention dans la préparation du

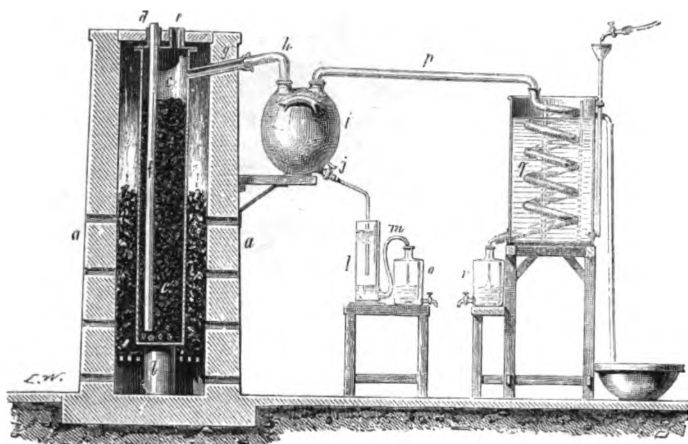


FIG. 99. — Appareil pour la production du sulfure de carbone. — *aa*, fourneau ; *c*, cylindre de fonte contenant le charbon ; *d*, tube pour l'addition du soufre ; *g*, *h*, *l*, *m*, *p*, appareils de lavage et condensation du sulfure de carbone.

sulfate de soude destiné à être transformé en carbonate de soude artificiel par le procédé de Nicolas Leblanc. Leblanc... arrêtons-nous un instant, car il nous rappelle un immense service rendu et une grande infortune.

Leblanc venait de découvrir son procédé pour transformer le sel marin en carbonate de soude par l'intervention de l'acide sulfurique, du charbon et de la craie, lorsque la tourmente révolutionnaire mit la France aux prises avec l'Europe entière. Privée de son commerce extérieur, elle manquait des éléments nécessaires pour fabriquer les produits les plus indispensables.

La soude, si nécessaire à la préparation du verre, du savon et dans le blanchiment, ne s'obtenait alors qu'en brûlant des plantes marines, et venait principalement d'Espagne.

Cette ressource manquait ; il fallut bien aviser, chercher à extraire le soufre des pyrites de fer, et la soude du sel dont l'Europe coalisée contre nous ne pouvait pas nous priver.

La Convention, qui décrétait les découvertes comme elle commandait la victoire, en appela au génie des savants. Ce génie ne fit défaut dans aucune des questions capitales posées. Avec une admirable précision pour l'époque où l'on vivait et l'état des connaissances chimiques, Leblanc avait fixé les conditions du problème de la formation artificielle de la soude. Aussi son procédé fut-il seul, parmi les six méthodes proposées, jugé comme pratique par la commission nommée pour l'examen.

La méthode de Leblanc est restée intacte depuis près d'un siècle, malgré les progrès de la science, et elle a créé pour la France et le monde entier une source d'immenses richesses. Mais l'illustre auteur de cette féconde découverte ne devait pas en profiter, même dans une limite restreinte : dépossédé de ses droits d'inventeur pour cause d'utilité publique, à cette époque de fièvre où les personnalités n'étaient rien devant le danger commun, il mourait de désespoir dans un hospice alors que s'élevaient déjà de grandes usines destinées à exploiter ses idées.

Il y a, dans ce contraste, un profond sujet de méditation, et vous le sentez comme moi, une grande injustice à réparer.

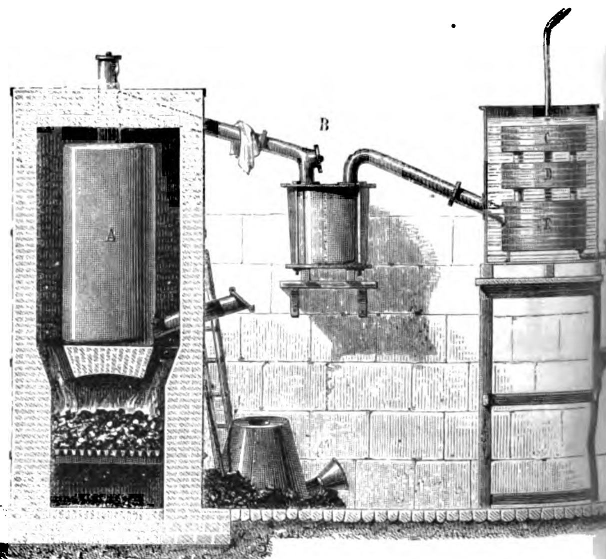


FIG. 100. — Appareil pour la production du sulfure de carbone. — A, cylindre producteur ; BCDE, condensateur. — (Cette figure et la précédente sont extraites de la *Chimie* de MM. Pelouze et Frémy.)

Nous ne le pouvons plus qu'en lui donnant en gloire ce qu'il a perdu en bonheur : voilà pourquoi je n'ai pas voulu manquer une occasion, même détournée, de rendre hommage à l'une de nos plus grandes réputations industrielles.

Parmi les nombreux composés du soufre, il me reste à vous parler de ce liquide incolore et éminemment réfringent produit par la combinaison du carbone avec le soufre.

Lorsque le charbon brûle dans l'oxygène ou l'air, il se forme de l'acide carbonique, composé de 6 de carbone et de deux fois 8 d'oxygène ; en brûlant dans la vapeur de soufre, il donne le sulfure de carbone, découvert par Lampadius.

Ce corps est resté longtemps un produit de laboratoire. Aujourd'hui, l'industrie s'est emparée de sa fabrication, qui, du reste, est fort simple. Il suffit de mettre le carbone et le soufre en présence à une température élevée (fig. 99 et 100).

Le sulfure de carbone est très-volatil, d'une odeur fétide, vénéneux et très-inflammable.

Je plonge ce charbon incandescent dans l'éther, qui ne s'enflamme pas, vous ne voyez qu'une lueur phosphorescente, indice d'une combustion lente ; de là je le porte dans le sulfure de carbone, qui prend feu immédiatement. Il est surtout remarquable par le pouvoir dissolvant énergique qu'il

eau pour retrouver les graisses de toute espèce de résidus.

Le sulfure de carbone, mélangé en vapeur au bioxyde d'azote, donne une flamme très-brillante. Lorsqu'on allume le gaz, cette flamme est assez vive pour produire la détonation d'un mélange de chlore et d'hydrogène, comme le ferait la lumière du magnésium ou celle de la lampe électrique.

Permettez-moi enfin de vous présenter un nouveau venu, l'oxysulfure de carbone, découvert récemment par M. de Than. Ce gaz incolore et combustible est formé par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le sulfocyanure de potassium. Jusqu'à présent il n'a point reçu d'applications; cependant il pourrait servir à expliquer la formation de l'hydrogène sulfuré dans la nature, car l'eau le décompose en acide carbonique et hydrogène sulfuré, et rien ne s'oppose à admettre sa production au sein de la terre.

SCHUTZENBERGER.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES.

M. CH. MATTEUCCI

(correspondant de l'Institut de France).

Origine de l'électrotone des nerfs.

Un fait remarquable d'électro-physiologie est la propriété dont, parmi les tissus organiques, le nerf paraît presque exclusivement doué, d'être parcouru en dehors des électrodes d'une pile par un courant continu qui marche, pendant que le circuit voltaïque est fermé, dans le même sens de celui-ci. Pour bien étudier les lois de ce phénomène, il fallait les reproduire, comme je l'ai fait, non-seulement sur les nerfs de la grenouille, mais aussi sur ceux des animaux supérieurs et à sang chaud, tels que lapin, chien, poulet, brebis. C'est avec ces nerfs qu'on voit le courant appelé « de l'*électrotone* » acquérir une plus grande intensité, se produire à une plus grande distance des points touchés par les électrodes de la pile, et se manifester encore d'une manière très-sensible lorsque le nerf a tout à fait perdu ses propriétés vitales. De même sur ces gros nerfs on obtient facilement un phénomène très-important pour la théorie, à savoir, la persistance du courant de l'électrotone après qu'on a fait cesser le courant de la pile, pourvu que ce courant ait présenté une certaine intensité et que le passage ait été plus prolongé.

Des phénomènes de cette nature faisaient déjà entrevoir que si le courant de l'électrotone est nécessairement lié à la structure du nerf, il ne l'est pas avec ses propriétés vitales, mais qu'il dépend plutôt de quelques effets, physiques ou chimiques, produits dans les nerfs par le passage du courant voltaïque.

Je crois en effet avoir bien démontré que ces effets sont les produits de l'électrolysation qui se recueillent sur les points du nerf touchés par les électrodes de la pile, et des courants ou polarités secondaires développées par les réactions successives de ces produits.

Je dois ajouter ici que j'ai répété tout récemment encore dans mes cours l'expérience de la ligature et de la section du nerf, pour reconnaître l'influence de ces actions sur le courant de l'électrotone. En opérant sur les nerfs sciatiques du lapin et du poulet, on acquiert la certitude qu'un courant de l'électrotone, qui donne des déviations fixes de 36 degrés à un galvanomètre de 24 000 tours, tombe à 13 degrés de déviation, et s'y fixe après la ligature. Sur un autre nerf, la diminution qui se produisit après la section laissa l'aiguille déviée à 8 degrés.

Il me restait à essayer de produire le courant de l'électrotone sur des fils métalliques choisis et placés dans les conditions platine et de zinc, et j'ai amalgamé le zinc : ces deux fils ont été ensuite enveloppés d'une couche de fil de coton, couche qui a été également imbibée d'une solution neutre de sulfate de zinc. On sait que les polarités secondaires qui se produisent très-fortes et très-rapidement sur le fil de platine ne se développent pas sur le zinc. Il est facile de disposer l'expérience de l'électrotone de manière à opérer d'abord avec un de ces fils et puis avec l'autre. Le résultat de cette comparaison est aussi net que constant. Avec le fil de platine préparé, comme je l'ai dit, on a le courant de l'électrotone très-fort même à un mètre de distance des électrodes de la pile, *tandis qu'avec le fil de zinc, le courant de l'électrotone ne se produit pas, quelque petite que soit la distance entre la pile et le galvanomètre.*

Il est donc bien prouvé que les polarités secondaires sont les causes de ces courants de l'électrotone, et il est d'ailleurs facile de s'assurer, par les papiers réactifs, de l'existence et de la diffusion très-rapides des produits de l'électrolysation sur le fil de platine, de manière à expliquer ces courants.

Il est donc logique de voir, entre ces courants de l'électrotone du fil de platine et celui des nerfs, une analogie fondée, laquelle s'accorde avec les causes qui détruisent cette propriété dans les nerfs, puisque ces causes sont celles qui altèrent sa structure, telles que la compression, la coagulation et la ligature. A ce propos, je puis ajouter que la ligature et la section sur le fil de platine, préparé comme je l'ai dit, agissent dans le même sens sur le courant de l'électrotone que sur le nerf; et l'on voit manifestement, sur le fil de platine préparé, que l'altération consiste principalement dans la solution de continuité qu'on crée ainsi dans la couche humide externe qui enveloppe ce fil métallique.

Je demande la permission à la Société royale d'indiquer encore quelques résultats d'une recherche qui m'occupe en ce moment, et qui est tentée dans la même direction que mes recherches précédentes, c'est-à-dire dans le but de déterminer quels sont les changements chimiques dans les nerfs et dans les muscles de la grenouille, soumis au passage continu du courant électrique.

On conçoit facilement la manière d'opérer : c'est de former en quelque sorte des électrodes avec des grenouilles préparées, dont les extrémités plongent dans l'eau de puits que contiennent deux cylindres poreux plongés également dans le même liquide. On fait passer le courant de 8 à 10 couples de Daniell pendant plusieurs heures à travers ces grenouilles et l'eau, et l'on analyse ensuite les deux liquides des porcelaines. Un résultat constant est que les muscles des grenouilles ainsi électrolysés donnent toujours une réaction alcaline beaucoup plus intense que les mêmes muscles laissés à l'air, et les muscles qui communiquent au pôle positif, aussi bien que le liquide où ces muscles plongent, sont généralement plus chargés d'alcali que les muscles et le liquide du pôle négatif.

Un autre fait aussi constant et remarquable, c'est la grande différence dans la quantité d'albumine qu'on trouve dissoute dans les deux liquides. Dans cinq expériences faites dans des circonstances semblables, tandis que les liquides où plongeaient les muscles en communication avec le pôle positif montraient à peine quelques traces d'albumine, l'autre liquide dont les grenouilles communiquaient avec le pôle négatif contenait une quantité abondante d'albumine. Dans d'autres séries d'expériences, qui sont à peine commencées, j'analyse l'air resté en contact avec des grenouilles, les unes ayant les nerfs parcourus par le courant direct, les autres ayant les nerfs parcourus par le courant inverse. Dans ces cas encore, on trouve des différences constantes, et qui correspondent à ces effets électro-physiologiques différents. Je me suis beaucoup occupé de la relation qu'il y a entre le pouvoir électromoteur des muscles et les actes chimiques de la respiration musculaire. Cette relation est mise hors de doute par des expériences rigoureuses et très-variées.

CH. MATTEUCCI,

Directeur du Muséum royal de Florence.

M. PLATEAU.

Fonction collective des deux organes de l'ouïe. — Expériences de M. Docq.

On s'est beaucoup occupé de l'influence du double organe dans la vision, mais la question a été à peine effleurée en ce qui concerne l'audition. M. Docq s'est proposé de l'étudier.

Ses expériences ont été effectuées sur des sons ou des bruits d'intensité moyenne ou faible, savoir, ceux d'une boîte à musique, d'une corde de violon, de divers tuyaux d'orgue, et le tic-tac d'une pendule ou d'une montre. Des précautions judicieuses ont été prises pour éviter l'influence des sons réfléchis, des bruits étrangers et du vent.....

Avant d'aborder les faits relatifs à la duplication de l'organe, M. Docq commence par établir, au moyen d'une expérience ingénieuse, que la portion du son transmise aux nerfs acoustiques par les parties solides de la tête n'excède pas le centième de celle qui entre par les conduits auditifs. L'observateur se plaçait en face du corps sonore, à la distance de 30 à 40 mètres, et écoutait attentivement; puis, se bouchant complétement les deux oreilles, il se rapprochait jusqu'à ce que le son lui parût avoir la même intensité que lorsqu'il l'entendait, les oreilles ouvertes, à la première station. Il mesurait alors la nouvelle distance, et de la loi de la raison inverse des carrés, il déduisait le rapport cherché. L'expérience a été répétée vingt-quatre fois.

M. Docq cherche ensuite d'après quelle loi varie le son perçu par une seule oreille, lorsque, sans changer sensiblement la distance au corps sonore, l'observateur exécute une révolution entière sur lui-même. Pour cela, se bouchant une oreille et se plaçant de manière que l'autre reçoive le son normalement au pavillon, il écoute; puis il tourne sur lui-même d'un angle déterminé, ce qui affaiblit l'impression sonore; alors, sans altérer l'angle en question, il s'avance vers le corps vibrant, jusqu'à ce que le son lui semble redevenu égal à ce qu'il était à la première station et dans la direction normale : la loi des carrés lui fournit ainsi le rapport des sons perçus, à la même distance, dans la direction normale et sous l'obliquité donnée.

M. Docq parvient de cette façon à construire la courbe qui représente les variations dont il s'agit pour une révolution entière de la tête : c'est une courbe polaire, dont l'oreille occupe le pôle ; elle a une forme analogue à celle d'un cœur, mais ses deux moitiés ne sont pas symétriques par rapport à la droite qui figure la direction normale du son ; le sommet de la partie rentrante, et conséquemment le minimum de son perçu, correspond, comme on devait s'y attendre, à une demi-révolution. Enfin, la courbe varie plus ou moins avec l'intensité du son produit et avec la distance de l'observateur : elle paraît converger vers une circonférence de cercle à mesure que le son devient plus fort ; quand, au contraire, le son devient très-faible, le sommet de la partie rentrante du cœur tend à se transformer en un point de rebroussement situé au pôle même.

Je dois présenter ici une remarque. M. Docq admet qu'entre certaines limites les sensations sont sensiblement proportionnelles aux causes physiques qui les produisent ; c'est-à-dire que, par exemple, si l'intensité d'un son devient double, triple, etc., celle de la sensation correspondante devient aussi double, triple, etc. Ce principe ne paraît guère s'accorder avec les résultats trouvés en Allemagne par MM. Weber et Fechner, je pense, non plus qu'avec certaines expériences entreprises longtemps auparavant par moi et non encore publiées. M. Docq essaye de concilier son principe avec les résultats dont il s'agit, mais je ne saurais regarder comme suffisantes les raisons qu'il apporte. Du reste, les faits qu'il a constatés sont en eux-mêmes indépendants du principe vrai ou faux en question ; l'interprétation seule de ces faits pourra changer lorsqu'on connaîtra, d'une manière précise, la loi qui lie les sensations à leurs causes physiques. Pour M. Docq, la loi exacte dont j'ai parlé, la courbe de M. Docq permettra de tracer immédiatement celle des sensations.

Passant à l'emploi simultané des deux organes, l'auteur compare les effets produits par un même son sur une seule oreille et sur l'ensemble des deux oreilles, et il arrive, toujours par un mode analogue d'expérimentation, à ce résultat, que le « pouvoir auditif des deux organes fonctionnant collectivement est plus que double du pouvoir d'un organe excité à l'exclusion de l'autre ». C'est-à-dire, en partant de son principe, qu'un même son produit sur l'ensemble des deux oreilles une sensation plus que double de celle qu'il produit sur une seule oreille. Avec un son faible, l'auteur a obtenu, comme rapport moyen, 2,16 ; avec des sons plus forts, le rapport a quelquefois atteint 2,6.....

L'auteur nomme *champ de l'audition* pour une seule oreille tout l'espace dans l'intérieur duquel un même corps sonore peut être placé sans que le son émis cesse d'être perçu ; mais, pour simplifier, il ne considère que la section de ce champ par un plan horizontal passant par l'oreille. Le champ de l'audition est alors limité par une courbe dans laquelle le rayon vecteur mené normalement au pavillon est le plus grand. Les espaces terminés par les deux courbes appartenant respectivement aux deux oreilles ont une partie commune, dans laquelle, par conséquent, le son est entendu par les deux oreilles à la fois ; mais cette partie commune est d'autant plus petite, que le son est moins intense ; enfin elle s'évanouit complétement pour un son très-faible, de sorte que celui-ci n'est jamais perçu que par une seule oreille.

Il fait voir que cette duplication a une grande influence pour régulariser l'intensité des impressions sonores, en ce que, sauf de rares exceptions, quand deux sons interfèrent pour une oreille, ils n'interfèrent pas pour l'autre ; il montre, de plus, que lorsque, en présence d'un centre sonore unique, une oreille reçoit l'onde dans une phase, tandis que l'autre la reçoit dans la phase opposée, les deux sensations n'interfèrent pas.

Si deux sons formant accord ne produisent, sur l'ensemble des deux oreilles, qu'une sensation combinée dans laquelle on ne peut distinguer les deux sensations élémentaires, ces dernières se séparent nettement quand les deux sources sonores sont placées, la première dans le voisinage d'une oreille, la seconde dans le voisinage de l'autre. Les battements qui résultent de l'ensemble de deux sons de hauteurs peu différentes cessent complétement de se faire entendre lorsque les deux sources sonores sont placées, comme ci-dessus, respectivement près de chaque oreille. Enfin quand deux sons d'égale hauteur et de même timbre sont entendus à la fois, l'un par une oreille, l'autre par l'autre oreille, si le premier a une intensité beaucoup moindre que le second, il disparaît complétement dans la sensation, et l'on n'a conscience que du plus fort.

PLATEAU.

L'Académie a procédé lundi dernier à l'élection d'un associé étranger en remplacement de Faraday. La commission proposait : En première ligne, sir R. Murchison, à Londres; en deuxième ligne et par ordre alphabétique : MM. Agassiz, à Cambridge (États-Unis); Airy, à Greenwich; de Baër, à Saint-Pétersbourg ; Bunsen, à Heidelberg; Forbes, à Édimbourg ; Graham, à Londres; de Martius, à Munich ; Peters, à Altona ; Tchébychef, à Saint-Pétersbourg ; Wheatstone, à Londres. Le nombre des votants était de 50. Au premier tour de scrutin, M. Murchison a obtenu 21 voix; M. Matteucci, 9 ; M. Kummer, de Berlin, 7 ; M. de Martius, 6 ; M. Bunsen, 4 ; MM. Tchébychef, Airy, Agassiz, 1. Au second tour de scrutin, M. Murchison a été élu par 30 voix, contre 12 à M. Matteucci, 7 à M. Kummer, 1 à M. Bunsen.

— FACULTÉ DE MÉDECINE (*Physiologie*). — M. Longet commencera son cours le vendredi 3 avril, à midi, et le continuera les lundis, mercredis et vendredis suivants. Il traitera des *fonctions de nutrition*.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 18 — 4 AVRIL 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. LAMY.

Les nouveaux Métaux.

Mesdames, Messieurs,

Parmi les nombreuses et importantes applications auxquelles la pile électrique a donné naissance, l'une des premières est celle qui, dès l'année 1807, vint enrichir la chimie des métaux alcalins.

Dans ces dernières années, une autre découverte physique, non moins féconde que merveilleuse, l'analyse *spectrale*, est venue aussi agrandir le domaine de la chimie. De même, en effet, que la pile de Volta n'avait pas tardé à prouver toute la puissance du secours qu'elle apportait aux investigations de la science en conduisant à la décomposition des alcalis *fixes* ou à la découverte du potassium et du sodium, de même, et plus rapidement encore, l'analyse spectrale a prouvé toute sa fécondité comme méthode de recherches, en révélant l'existence de quatre métaux nouveaux, le *Cœsium* et le *Rubidium* en 1860, le *Thallium* en 1862 et l'*Indium* en 1863.

Ce sont ces quatre derniers métaux qui doivent faire le sujet de cette conférence. Je me propose de vous les faire connaître sommairement, en m'attachant plus particulièrement à celui d'entre eux qui se distingue entre tous par son abondance relative et par l'importance comme par la singularité de ses caractères.

Analyse spectrale. — Avant de commencer cette étude des nouveaux métaux, j'essayerai de vous donner une idée aussi élémentaire que possible de la méthode féconde par laquelle ils ont été découverts, la seule qui permette encore aujourd'hui de distinguer aisément quelques-uns d'entre eux.

Cette méthode mérite bien d'ailleurs de fixer quelques instants notre attention. Elle surpasse de beaucoup en précision, en sensibilité, en simplicité, les procédés les plus délicats que la chimie a eus jusqu'à ce jour à sa disposition. Elle permet de découvrir des traces de métaux dans des mélanges complexes où l'analyse ordinaire la plus subtile est totalement incapable d'en signaler. Enfin, et c'est ici qu'apparaît son caractère vraiment merveilleux, elle peut être pratiquée à des distances pour ainsi dire infinies. Pourvu que nous voyions les corps, fussent-ils aussi éloignés que le soleil et les étoiles, nous sommes en mesure aujourd'hui d'en déterminer en quelques instants la nature.

Voici un premier fait qui a été observé depuis longtemps. La plupart des métaux ou de leurs composés, introduits dans une flamme assez chaude pour les volatiliser, communiquent à cette flamme des colorations variées plus ou moins prononcées. La nuance due à la substance volatile apparaît avec d'autant plus de netteté, que la flamme dans laquelle on l'expose est elle-même moins colorée ou moins éclairante. Tel est le cas de la flamme du gaz obtenue avec ces petits appareils imaginés par M. Bunsen, et qui sont connus sous le nom de becs ou de brûleurs de Bunsen.

Voilà trois de ces brûleurs : leur flamme est peu colorée, peu lumineuse, mais néanmoins très-chaude. Nous introduisons dans la première, à l'aide d'un fil de platine, un petit fragment du métal alcalin appelé sodium, ou simplement le composé de ce métal qu'on nomme en chimie chlorure de sodium, et qui n'est autre chose que le sel marin, ou sel ordinaire. Dans la deuxième, nous mettons le composé analogue d'un autre métal alcalin, le chlorure de lithium. Dans la troisième enfin, le chlorure d'un des nouveaux métaux, le chlorure de thallium, et vous voyez les flammes fortement colorées en jaune, rouge et vert.

De ces exemples vous seriez peut-être tentés de conclure que la couleur d'une flamme est apte à indiquer la nature des éléments métalliques qu'elle renferme. Mais cette conclusion serait un peu trop générale.

En effet, la même nuance ou des nuances très-peu différentes peuvent être communiquées à une même flamme par des métaux différents. Tel est le cas des deux métaux lithium et strontium, qui produisent, comme vous le voyez, des rouges assez identiques, à part la vivacité de nuance, pour qu'il soit difficile de les distinguer.

En outre, si plusieurs éléments volatils existent dans une même flamme ; si, de plus, ils sont en quantité minime, l'œil ne peut pas davantage distinguer sûrement les différences imperceptibles de nuances, et l'esprit ne peut tirer aucune induction certaine relativement à la présence ou à l'absence des éléments qui les produisent.

Mais qu'au lieu de regarder simplement ou directement sans intermédiaire une flamme qui contient des vapeurs métalliques, on la regarde à travers un morceau de verre prismatique triangulaire poli, de ce que l'on nomme en physique un prisme, alors le phénomène change complétement d'aspect. Les colorations, les nuances qui étaient identiques ou confuses s'accusent avec des caractères tellement tranchés, qu'il n'est plus possible de les confondre ; par suite, la présence des métaux étrangers est révélée sans aucune indécision possible. C'est ce que je vais vous prouver par des exemples et des expériences.

Et d'abord il n'est personne de vous qui ne sache qu'un faisceau de lumière, en traversant un prisme de verre, se dé-

vie de sa direction primitive et donne lieu à une image irisée de toutes les nuances de l'arc-en-ciel, à laquelle les savants ont donné le nom, bien effrayant pour une si belle image, de *spectre*, spectre lumineux. Voilà ce spectre. Dans ce cas particulier où le faisceau lumineux est produit par l'incandescence des charbons qui réunissent les pôles d'une forte pile électrique, aussi bien d'ailleurs que dans tout autre cas où l'on emploierait pour source lumineuse un corps solide ou liquide non volatil en ignition, l'image spectrale est caractérisée par la *continuité* des couleurs dont elle est composée.

Ces couleurs passent, en effet, par des nuances insensibles de l'une à l'autre; impossible de distinguer entre elles aucun intervalle obscur, aucune solution de continuité.

Mais lorsque la source lumineuse contient des éléments gazeux, notamment des vapeurs métalliques, alors la lumière qu'elle émet engendre des spectres tout différents, des spectres *discontinus*, où certaines couleurs manquent, où d'autres prédominent, où toutes les couleurs peuvent même manquer, à l'exception d'une seule; des spectres, en un mot, avec des caractères tels, qu'ils rendent impossible la confusion des diverses images entre elles, par suite impossible la confusion entre elles des vapeurs incandescentes qui les produisent.

Pour vous rendre témoins de cette discontinuité ou de cette physionomie particulière que les vapeurs métalliques communiquent aux spectres des flammes, introduisons dans notre foyer de chaleur et de lumière un petit morceau d'argent qui sera promptement réduit en vapeur; et vous voyez qu'au lieu de l'image dont les couleurs passaient de l'une à l'autre par nuances insensibles, nous obtenons une image remarquable par quelques raies brillantes qui la sillonnent transversalement.

Les diverses particularités relatives à la coloration, à l'intensité, au nombre, à la position relative ou à la diffusion des couleurs, apparaîtront plus nettement, seront mieux fixées, si l'on a soin d'abord d'écarter toute lumière étrangère à celle qu'on veut observer, c'est-à-dire de se placer dans une chambre obscure, ensuite de faire usage d'une lunette pour grossir les détails et d'une règle pour les mesurer; si enfin on a la précaution, pour volatiliser les corps, de se servir de la flamme peu lumineuse du bec de Bunsen, de manière à laisser prédominer complétement l'effet dû aux vapeurs incandescentes qu'elle renferme.

Toutes ces conditions se trouvent réunies dans le précieux appareil d'observation dont nous sommes redevables à deux illustres professeurs de Heidelberg, MM. Kirchhoff et Bunsen, et qu'on nomme le *spectroscope*.

Voici ce spectroscope : au milieu, le prisme de verre qui dévie la lumière et en éparpille les couleurs; en avant, la flamme d'un bec Bunsen avec un tube muni d'une ouverture rectiligne pour limiter le faisceau de rayons que reçoit le prisme; en arrière, la lunette grossissante pour examiner le faisceau ou l'image; enfin, sur le côté, pour mieux enregistrer les détails, un tube avec une règle finement divisée, transparente et éclairée par une petite lampe ordinaire.

Afin de préciser davantage le mode d'application de la méthode d'observation personnelle, et avant de passer aux expériences de projection visibles pour tout le monde, je vais supposer que vous regardez dans la lunette du spectroscope, et vous indiquer les images spectrales caractéristiques de quelques métaux, plus particulièrement des quatre dont j'ai à vous entretenir dans cette conférence.

Sur le fond noir de la lunette, vous distinguez faiblement les couleurs d'un pâle spectre : c'est le spectre de la flamme même du bec Bunsen qu'il importe d'affaiblir le plus possible. Pendant que vous avez l'œil à la lunette, on introduit dans la flamme, à l'aide d'un fil de platine, une parcelle de sel marin ou de chlorure de sodium, et à l'instant vous voyez apparaître une raie jaune qui brille d'un éclat extraordinaire. Voici, dans la figure 2 du tableau, au-dessous du spectre solaire, la représentation très-agrandie, mais bien terne, du phénomène. Cette bande jaune unique sur le fond noir, c'est le spectre du sodium. C'est le signe ou le signalement infaillible auquel on reconnaîtra toujours et avec la plus grande facilité la présence du sodium ou de l'un de ses composés.

Je n'ai pas besoin sans doute de faire observer que cette raie jaune sera d'autant moins vive, d'autant moins perceptible, qu'il y aura moins de métal dans la flamme. Mais il faut de ce métal des traces si minimes pour la faire apparaître, que l'on a quelque crainte d'être taxé d'exagération en citant des nombres. M. Bunsen, en effet, a prouvé par des mesures ingénieuses, que cette bande jaune se distingue encore lorsque la flamme ne contient que la trois-millionième partie d'un milligramme de sel, ou, si vous voulez, une quantité de sel si imperceptible que dix mille fois autant serait inappréciable à la plus délicate des balances du chimiste.

Au lieu d'un composé de sodium, je suppose que l'on porte dans la flamme du spectroscope, avec le fil de platine, quelques parcelles de thallium ou d'un composé de ce métal; aussitôt l'œil voit, toujours sur le fond noir ou très-peu coloré de la lunette, une raie verte très-brillante. La figure 3 du tableau représente le phénomène. Cette bande verte unique, occupant une position déterminée, constitue le spectre du thallium, ou le signe, le signalement non équivoque auquel on reconnaîtra toujours l'existence ou l'absence de ce nouveau métal dans les composés naturels que l'on pourra introduire dans la flamme.

Les spectres des autres métaux que nous avons à vous montrer ne sont pas tout à fait aussi simples. Dans la figure 4, vous avez le spectre du nouveau métal l'indium, encore très-simple cependant, et qui ne présente que deux raies brillantes, une raie bleu foncé et une raie violette un peu plus à droite.

La figure 5 représente le spectre du rubidium. Il se compose d'une dizaine de bandes de couleurs diverses et d'une netteté variable; mais les deux lignes d'un rouge foncé magnifique qui sont situées vers l'extrême gauche caractérisent surtout le métal. Enfin, le spectre du cæsium (fig. 6), où l'on peut compter onze raies distinctes, est reconnaissable à deux raies bleu de ciel remarquables par leur intensité et par leurs contours parfaitement tranchés.

En général, messieurs, et comme conclusion de tout ce qui précède, un métal ou l'un de ses composés volatils révèle toujours sa présence dans le spectre optique par des bandes brillantes plus ou moins nombreuses, caractérisées par leur position respective, leur netteté ou leur diffusion, leur nombre ou leur coloration.

Tel est le fait capital, étudié par différents physiciens, que les illustres professeurs de Heidelberg ont mis en complète évidence, et sur lequel ils ont fondé leur procédé incomparable d'analyse chimique.

Pour compléter ces indications en ce qui concerne les expériences que nous allons faire, je dois ajouter que chaque corps simple peut, à la vérité, être chauffé à des températures de plus en plus élevées et jusqu'à une limite assez reculée, sans que son spectre éprouve de changement. Cependant une très-haute température, comme celle du feu de la pile électrique, en imprimant une sorte de vibration plus énergique aux molécules de la masse gazeuse, fait fréquemment apparaître de nouvelles raies non observées à des températures plus basses. Tel est le cas des métaux les plus volatils, en particulier de quelques-uns de ceux que nous avons à examiner.

Donc, messieurs, dans les expériences que nous allons faire, en nous servant de la pile électrique comme source de chaleur assez intense pour projeter sur un écran, de manière à être visibles pour tout le monde, les spectres des nouveaux corps simples métalliques, nous produirons des images un peu plus compliquées que celles du tableau qui vient d'être mis sous vos yeux, et par l'excès même de la température, et aussi, disons-le, par la présence de corps étrangers que nous ne pouvons pas éloigner du foyer incandescent, entre autres la soude. Mais ces causes de complication ne nous empêcheront pas d'apercevoir facilement les raies caractéristiques que je désire signaler à votre attention.

Pour premier exemple, je choisis le thallium. Son spectre est caractérisé par cette éclatante bande verte, située entre le jaune et le vert du spectre solaire. Parmi les autres bandes que fait apparaître l'excès de la température, je vous ferai remarquer deux raies dans le vert, à droite de la raie principale, et une dans le bleu.

Pendant que l'on va préparer l'expérience délicate destinée à vous montrer les spectres du cæsium et du rubidium, je commencerai l'histoire de ces métaux.

Cæsium et Rubidium. — C'est en examinant au spectroscope *des résidus* d'un minéral qu'on appelle *lépidolithe*, et des sels provenant de l'évaporation de l'eau minérale de Durkheim, que MM. Kirchhoff et Bunsen ont été mis sur la trace des nouveaux métaux. Ils leur ont donné les noms de rubidium et de cæsium pour rappeler la couleur rouge foncé et bleu de ciel qui caractérisent les raies principales de leurs spectres, ou celles que l'on distingue le plus facilement au milieu d'un mélange complexe.

Nous allons essayer de vous montrer ces spectres au moyen d'échantillons de sels que nous devons à l'obligeance de MM. Bunsen et Grandeau.

Malheureusement, si ces spectres sont faciles à voir au spectroscope, il est difficile de les produire de manière à pouvoir les montrer par projection, avec une intensité suffisante, à un très-grand nombre de spectateurs, celui du rubidium surtout, à cause du peu d'éclat de ses deux raies caractéristiques. Voici d'abord le spectre du cæsium.

Les deux raies bleues s'aperçoivent suffisamment bien, même de loin. — Mais il n'en est pas de même du spectre du rubidium. Les raies rouges qui occupent l'extrême gauche sont d'une nuance tellement foncée, qu'elles ne sauraient être vues distinctement des personnes éloignées. Pour suppléer à cette insuffisance de la projection, je vous prierai de vouloir bien vous reporter au tableau qui est sous vos yeux (fig. 5).

Mais le plus difficile n'était pas, et n'est pas en général de découvrir les raies, tellement elles se détachent nettement sur le fond obscur de la lunette du spectroscope. La grande difficulté, c'est d'isoler les corps qui les produisent, ou de les extraire des masses dans lesquelles ils sont engagés; car on ignore complétement leurs propriétés chimiques. Dans ce cas particulier, les difficultés étaient d'autant plus grandes, que les composés des deux éléments nouveaux sont presque de tout point identiques avec les composés analogues du potassium, avec lesquels ils sont constamment mélangés. Par de nombreux tâtonnements, et en s'aidant de l'analyse spectrale, on a éliminé peu à peu les éléments connus, on a purifié, concentré en quelque sorte la matière, de façon à obtenir les raies nouvelles avec une intensité de plus en plus grande et sans aucune des raies appartenant aux autres métaux. Bref, tous les obstacles ont été surmontés, des parcelles des deux précieux métaux ont été obtenues, leurs propriétés principales reconnues, leurs sels les plus importants préparés, leur équivalent chimique déterminé, et j'ajoute, afin de donner une idée de la prodigieuse habileté des auteurs, que pour accomplir leur magnifique travail, ils n'ont eu à leur disposition qu'une trentaine de grammes environ de sels de rubidium et de cæsium.

Ces métaux et leurs composés, particulièrement ceux du cæsium, sont encore aujourd'hui extrêmement rares. Le rubidium seul a pu être isolé et conservé sous sa forme métallique par M. Bunsen. Je dois à l'extrême obligeance de cet illustre savant de pouvoir vous montrer un des deux échantillons de rubidium qu'il possédait, et qu'il a bien voulu m'envoyer à votre intention. Il y en a bien peu sans doute, mais ce peu n'a pas été obtenu sans de grandes difficultés à l'aide de la méthode qui sert à préparer le potassium. Le rubidium est en effet tellement avide d'oxygène, ou, si vous voulez, tellement altérable, qu'il s'enflamme spontanément dès qu'il a le contact de l'air, aussi facilement que ce fragment de potassium s'enflamme à la surface de l'eau; de sorte qu'il est très-difficile de le saisir pour le mettre à l'abri de l'oxygène dans un gaz inerte. Le rubidium renfermé dans ce tube de verre est blanc, avec un éclat métallique très-vif, et ressemble au potassium.

Quant au cæsium, il est encore plus altérable, plus insaisissable que le rubidium. Ses composés sont aussi plus rares, et M. Bunsen lui-même n'a pu encore isoler des quantités appréciables de ce métal. Ce savant m'écrivait récemment qu'il avait sacrifié en vain à son extraction 150 grammes de tartrate de cæsium; toutefois il ne désespérait pas de réussir plus tard au moyen de l'électricité, lorsqu'il aurait retrouvé, préparé une quantité suffisante de sels purs.

Après MM. Bunsen et Kirchhoff, M. Grandeau a recherché avec beaucoup de succès la présence des nouveaux éléments dans les eaux naturelles, les minéraux et les végétaux.

Indépendamment des sources signalées par les savants de Heidelberg, ce chimiste en a fait connaître plusieurs dont l'une, entre autres, est très-abondante, relativement, bien entendu. C'est l'eau minérale de Bourbonne-les-Bains, qui contient 3 à 4 centigrammes en tout des deux métaux. Le même chimiste a montré, par l'analyse des eaux de Vichy, du Mont-Dore, des eaux mères des salines de l'Est et du Midi, des cendres ou plutôt des salins de betteraves, des cendres de divers végétaux, tels que le tabac, qu'en somme les nouveaux métaux étaient très-répandus, ou, pour parler plus exactement, très-disséminés dans la nature.

Le procédé employé pour les séparer du potassium, qui les

accompagne toujours, est long et pénible. Il est fondé sur une faible différence de solubilité des composés que forment ces métaux avec le chlore et le platine.

Enfin, c'est encore par une simple et assez faible différence de solubilité que le cæsium et le rubidium peuvent être séparés l'un de l'autre. Le carbonate de cæsium est soluble dans l'alcool absolu bouillant; le carbonate de rubidium y est à peu près insoluble.

En résumé, les deux métaux nouveaux, cæsium et rubidium, ont la plus grande analogie avec le métal de la potasse. Leurs composés, leurs sels, sont tellement semblables et pour la composition et pour la forme extérieure, que, par aucun réactif chimique on ne peut les distinguer les uns des autres. Le seul moyen de les reconnaître, lorsqu'ils sont mélangés, est celui qu'offre l'analyse spectrale. Enfin, à l'état métallique, le cæsium et le rubidium sont beaucoup plus altérables à l'air que le potassium lui-même. Ils s'y enflamment spontanément et promptement, et la même quantité d'oxygène, 8 grammes, donne avec 85 grammes de rubidium et 123 grammes de cæsium les alcalis les plus puissants que l'on connaisse aujourd'hui.

Le cæsium et le rubidium doivent donc être considérés actuellement comme les types des métaux alcalins, et à ce titre se placer en tête de la première section dans la classification le plus généralement adoptée.

Je ne quitterai pas ces deux métaux sans vous faire observer que, si rares qu'ils soient, leur présence dans les eaux minérales, en nous donnant une connaissance plus complète de la nature de ces eaux, contribuera peut-être un jour à lever les incertitudes qui règent encore sur leur action thérapeutique. En tout cas, leur importance ne doit pas se mesurer sur leur rareté. La chimie ne nous apprend-elle pas à connaître chaque jour de mieux en mieux le rôle si important, et si peu soupçonné jusque dans ces dernières années, que jouent les infiniment petits dans la nature? Les beaux travaux de M. Pasteur sur les fermentations, dont il nous entretenait à cette place, il y a trois mois; ceux de M. Gernez sur la cristallisation des dissolutions sursaturées, ne prouvent-ils pas de la manière la plus évidente que ces corpuscules organisés microscopiques qui sont disséminés dans l'atmosphère, que ces particules invisibles, impondérables, qui sont répandues dans l'air, sont les agents, les causes de profondes et mystérieuses transformations qui s'accomplissent aussi bien dans la nature minérale que dans la nature vivante? D'ailleurs les métaux en question n'eussent-ils aucun emploi utile pour le moment, leur rôle ne fût-il que secondaire dans l'ensemble des êtres, ils n'en seraient pas moins intéressants à un point de vue purement spéculatif, comme les premières preuves matérielles qui sont venues attester la sûreté, la simplicité, l'exquise sensibilité de la méthode qui a reculé si loin les limites de l'analyse chimique.

Je passe à l'étude d'un des deux métaux que nous avons encore à examiner. Pour suivre l'ordre chronologique, je devrais vous entretenir d'abord du thallium; mais j'intervertirai cet ordre, afin de vous parler en premier lieu de l'indium, à cause de la brièveté de ce que j'ai à vous en dire.

INDIUM. — L'indium a été découvert en 1863 par un professeur de Freyberg, M. Richter, qui a publié son premier travail sur ce métal en collaboration avec M. Reich.

L'indium se rencontre principalement dans la blende, ou minerai composé de soufre et de zinc, que l'on exploite à Freyberg pour en extraire le zinc, et dans lequel il entre pour 3 à 4 dix-millièmes de son poids au plus. Dans le traitement métallurgique de ce minerai, l'indium passe à la distillation avec le zinc, de façon que c'est dans ce zinc qu'il se dissimule, passez-moi l'expression, c'est de ce dernier qu'il faut l'extraire.

Je passerai sous silence l'ensemble des opérations assez compliquées nécessaires pour le séparer non-seulement du zinc, mais encore des traces des autres métaux avec lesquels il est associé, et je vous indiquerai tout de suite ses propriétés les plus caractéristiques.

L'indium est blanc, d'une nuance à peu près semblable à celle du platine. Il est plus mou et plus malléable que le plomb. Son poids spécifique (7,15) est à peu près le même que celui du fer fondu. Il est inaltérable d'ailleurs à l'air et dans l'eau bouillante. En voilà un petit échantillon qu'a bien voulu me donner M. Richter. Ne vous étonnez pas de sa petitesse: d'abord nous en avons prélevé un fragment destiné à être brûlé pour vous montrer le spectre du métal; ensuite, bien qu'il soit moins difficile à obtenir, par conséquent moins rare que le rubidium, il coûte encore, à l'heure qu'il est, 36 000 fr. le kilogramme.

Quant à ses propriétés chimiques, c'est-à-dire à l'ensemble des caractères qu'il offre dans ses rapports ou ses combinaisons avec les autres éléments de la nature, elles ressemblent tellement à celles du métal connu des chimistes depuis un demi-siècle sous le nom de *cadmium*, qu'il n'est pas facile de distinguer celles qui appartiennent à l'une de celles qui sont propres à l'autre. L'insolubilité de son oxyde dans l'ammoniaque est à peu près la seule propriété chimique un peu saillante qui différencie les deux métaux et que l'on mette à profit pour les séparer.

La propriété vraiment caractéristique de l'indium, celle qui a conduit à sa découverte, c'est la nature et la disposition des bandes lumineuses qu'il présente au spectroscope.

Le spectre de ce corps offre, en effet, comme je vous l'ai déjà indiqué sur le tableau peint, et comme nous vous le montrons par projection, deux raies caractéristiques, l'une, intense, d'un bleu foncé, l'autre, plus faible, dans la région violette. Voilà le spectre tel que le fournit la chaleur intense de la pile électrique.

Malgré les difficultés sérieuses que l'on rencontre dans l'extraction de l'indium, M. Richter avait préparé un beau lingot de quelques centaines de grammes que les savants ont pu admirer à l'exposition universelle dernière. Malheureusement ce lingot était fort mal placé pour être remarqué du public; on l'avait mis dans la galerie des machines. Plus malheureusement encore, et par je ne sais quel oubli ou quelle fatalité, ce métal intéressant, dont il serait aussi téméraire de vouloir limiter l'importance future que de préjuger l'avenir de l'enfant qui vient au monde, l'indium n'a pas eu la faveur d'une simple mention dans la distribution des récompenses! Permettez-moi, messieurs, de revendiquer ici pour M. Richter un honneur qui lui était bien légitimement dû.

THALLIUM. — J'arrive au thallium. Ce métal, à l'inverse des précédents, va nous présenter une réunion de caractères tellement saillants, si exceptionnels et si contradictoires au point de vue de la classification généralement adoptée, que

... sans exagération, l'appeler le métal paradoxal, ou l'analogue, dans le règne minéral, de cet étrange animal de la Nouvelle-Hollande qui tient à la fois du mammifère et de l'oiseau, et qui sert comme de transition entre ces deux classes du règne animal.

Historique. — En 1861, un chimiste anglais, M. W. Crookes, annonça qu'un dépôt sélénifère du Harz, soumis à l'analyse spectrale, lui avait donné une raie verte que ne présentait aucune substance connue; que cette raie décelait sans nul doute l'existence d'un élément nouveau, et qu'il donnait à cet élément le nom de *thallium*, destiné à rappeler par son étymologie la coloration verte qu'il communiquait à la flamme. Seulement, la petite quantité de substance que le chimiste anglais avait à sa disposition ne lui permit pas, si l'on s'en rapporte à ses propres publications, d'isoler à l'état de pureté le nouvel élément, et jusqu'au mois de mai 1862 la véritable nature du thallium resta inconnue du monde savant.

Vers la fin d'avril de cette même année 1862, nous aperçûmes nous-même la raie brillante verte dans un résidu de fabrication des usines de M. Kuhlmann (de Lille), et, trois semaines après, nous étions assez heureux pour isoler, à l'aide de la pile électrique, le nouvel élément sous la forme et avec toutes les propriétés caractéristiques d'un véritable métal.

Ce sont ces propriétés les plus essentielles que je vais maintenant vous faire connaître.

Propriétés physiques. — D'abord, par ses caractères physiques, le thallium ressemble au plomb : il en a à peu près la couleur, la mollesse et la malléabilité, le peu de ténacité, et même la densité; il est pourtant un peu plus lourd (densité =11,86). Comme le plomb, il se laisse facilement rayer par l'ongle, et tache le papier, avec cette différence toutefois que les traces qu'il produit offrent des reflets jaunâtres.

Le thallium fond à 290 degrés. Les lingots obtenus par fusion *présentent* une texture cristalline très-visible à leur surface, quand on a soin de les mettre dans l'eau pour enlever ou dissoudre la pellicule d'oxyde qui les recouvre, et qui est attestée dans leur masse par le cri qu'ils font entendre lorsqu'on les plie. Voici un kilogramme environ de thallium fondu dans un creuset de fer : nous allons le couler en un lingot pour vous rendre témoins, après qu'il sera refroidi, d'une propriété curieuse de ce métal que je viens d'indiquer en passant, à savoir, qu'il suffit de le plonger dans l'eau pour dissoudre la pellicule d'oxyde qui ternit son éclat.

En attendant que le lingot se refroidisse, je vous rappelle que la propriété physique par excellence du thallium est la faculté qu'il possède de donner à la flamme pâle du gaz une coloration verte d'une grande richesse, et dans le spectre de cette flamme une raie verte unique à contours parfaitement tranchés. Je reproduis ici la belle coloration verte caractéristique, en faisant brûler un composé solide blanc que le thallium forme avec l'alcool nommé esprit de bois.

Je ne dois pas oublier de vous dire, messieurs, que le thallium et ses composés sont vénéneux, plus vénéneux que les composés du plomb. Nous-même, dans nos recherches, avant de connaître ces propriétés toxiques, nous en avons fait bien involontairement l'assez triste expérience; mais enfin, à ce titre, le thallium pourra, comme la plupart des poisons, quand son mode d'action aura été bien étudié, rendre un jour des services à l'art de guérir.

Si l'on croyait pouvoir se faire une idée du thallium par l'ensemble des propriétés physiques ou physiologiques que je viens de résumer, on se tromperait étrangement. Un examen rapide de ses principales propriétés chimiques va nous prouver, en effet, que si, par quelques-unes d'entre elles, il se rapproche encore du plomb ou des métaux lourds, par d'autres, par la plupart et par les plus importantes, il vient se placer dans la famille des métaux alcalins, à la suite du rubidium et du potassium.

Propriétés chimiques. — En effet, le thallium s'altère facilement à l'air, et, en s'unissant à l'oxygène, il forme un oxyde, ou, si vous voulez, un alcali semblable à la potasse. Comme la potasse, l'alcali du thallium est très-soluble dans l'eau, répand une odeur de lessive, et ramène au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide. C'est ce que je vais vous prouver en plongeant dans l'eau pure le lingot refroidi que nous avons fondu tout à l'heure. En se refroidissant, il s'est oxydé au point de paraître presque noir. Mais voyez, au moment où je le plonge dans l'eau, comme il redevient brillant, avec quelle facilité il se *décape*, pour employer l'expression technique. De plus, l'eau qui a dissous la pellicule d'oxyde est devenue alcaline. Vous voyez, en effet, que, versée dans de l'eau de tournesol rougie, elle ramène immédiatement celle-ci au bleu.

Une fois décapé, brillant, ce métal se conserverait intact dans l'eau pure, lors même qu'on viendrait à la chauffer jusqu'à l'ébullition.—Singulier métal alcalin, direz-vous, qui se conserve dans l'eau, tandis que le potassium, le sodium, s'y enflamment. C'est pourtant la vérité, et nous n'en avons pas fini d'ailleurs avec les contradictions apparentes.

Cet alcali ou cet oxyde de thallium est bien un des corps les plus curieux de la chimie. En effet, le voilà à l'état de dissolution limpide incolore. Maintenant, que l'on fasse évaporer cette dissolution lentement dans le vide ou à l'abri du contact de l'oxygène de l'air, et l'oxyde reprendra l'état solide avec une couleur jaune; il cristallisera avec cette couleur en beaux prismes obliques, comme ceux que nous avons dans ces ballons. Mais ces cristaux bruniront peu à peu au fur et à mesure de leur dessiccation. Ils deviendront tout à fait rouge noir quand ils seront complétement desséchés, comme ceux que je vous présente ici. Ils redeviendraient jaunes en reprenant de l'humidité, ou, comme on dit, en s'hydratant. Je puis vous montrer facilement ces changements alternatifs de couleur. Voici l'oxyde hydraté colorant en jaune les parois de ce ballon vide d'air. L'évaporation a été poussée rapidement jusqu'à ne laisser plus qu'une petite quantité de dissolution aqueuse, et le ballon a été fermé à la lampe d'émailleur pendant l'ébullition même. Je chauffe quelques points de la paroi jaune; ils deviennent presque aussitôt d'une couleur noirâtre; je ramène avec précaution la dissolution sur les taches noires, elles repassent immédiatement au jaune. Je pourrais chauffer de nouveau pour faire passer au noir encore les mêmes parties, puis les ramener au jaune par leur contact avec le liquide, et reproduire en quelque sorte indéfiniment ces curieuses alternatives de transformation.

Il ne manque pas d'exemples en chimie de changements de couleur analogues opérés par la chaleur sur certains composés; ce sont même, pour le dire en passant, ces composés qui servent de base à ce que l'on appelle les encres *sympathiques*.

Mais ce qui est plus caractéristique, c'est que l'alcali ou le protoxyde de thallium, une fois déshydraté, et au contact de

l'air, en absorbe peu à peu l'oxygène; qu'il prend de ce gaz une quantité triple de celle qu'il renfermait déjà, et devient complétement insoluble. Dans ce cas, par cette suroxydation spontanée, l'alcali du thallium se rapproche des oxydes du fer et du manganèse.

Enfin, messieurs, et c'est ici son véritable caractère chimique, l'oxyde de thallium se comporte avec les acides comme un alcali puissant, en formant des sels solubles presque aussi nombreux et aussi beaux que les sels de potasse. Un grand nombre offrent non-seulement la même composition élémentaire, mais fréquemment ils ont la même forme géométrique extérieure, ou, pour employer l'expression consacrée, ils sont *isomorphes* avec les sels correspondants de potasse. Je vous citerai en particulier les sulfates simples ou doubles, certains phosphates, quelques tartrates, les perchlorates, et notamment les aluns. Nous avons là les plus remarquables de ces sels parfaitement cristallisés. Voici, entre autres, du bitartrate de thallium en belles colonnes prismatiques droites ; de gros cristaux de sel de Seignette thallique ; des cristaux octaédriques réguliers d'alun assez brillants et volumineux pour qu'on puisse en reconnaître la forme, même à distance.

Comme il n'est pas possible de juger de loin de cette similitude de forme à laquelle nous attachons une grande importance, nous allons faire une expérience saisissante qui vous démontrera, aussi bien que des mesures d'angles pourraient le faire, cette similitude, en même temps que l'identité de composition chimique, en un seul mot, l'isomorphisme, de l'alun de thallium et de l'alun de potassium.

Je m'appuierai sur ce fait très-important découvert par M. Gernez, savoir, que la dissolution sursaturée d'un sel ne peut cristalliser, se solidifier partiellement, que si elle a le contact d'une parcelle solide du même sel ou d'un sel isomorphe. Dans ce ballon, nous avons fait dissoudre, à la température de l'ébullition et avec quelques précautions qu'il est inutile de vous indiquer, un kilogramme d'alun dans un demi-litre d'eau ; puis on a recouvert le ballon d'une simple feuille de papier, et l'on a laissé refroidir la dissolution. Aucune partie du sel ne s'est déposée, bien qu'à la température de cette salle un demi-litre d'eau ne puisse réellement fondre que 30 à 35 grammes d'alun, soit une quantité d'alun trente fois moindre que celle qui a été dissoute. Une telle dissolution est dite sursaturée. Or, le fait important, capital, sur lequel je veux baser ma démonstration, est celui-ci : cette dissolution sursaturée restera limpide tant qu'on ne la touchera pas avec un cristal d'alun de potasse ou d'un alun isomorphe. Je la touche, par exemple, avec un fil de fer bien lavé : la liqueur reste claire. Je retire le fil de fer, et je mets simplement son extrémité en contact avec cet octaèdre d'alun de thallium; puis, avec la même extrémité, je viens toucher de nouveau la dissolution sursaturée. Aussitôt vous voyez des cristaux octaédriques se développer autour du point touché et envahir peu à peu tout le ballon. — Nous aurions pu hâter la solidification en amenant rapidement par l'agitation les molécules liquides en contact avec la parcelle microscopique d'alun de thallium qu'a retenue l'extrémité du fil de fer. Répétons l'expérience sur un autre ballon : en deux secondes, vous le voyez, toute la masse s'est si bien prise, que je puis renverser le ballon sans qu'une goutte de liquide s'en échappe.

Ces expériences, que nous pourrions répéter sur d'autres sels de thallium, comparés aux sels de potasse, aussi bien que la solubilité et la composition chimique de ces sels, assignent au thallium une place dans la famille des métaux alcalins. Mais, comme je vous l'ai annoncé tout à l'heure, il existe d'autres composés dont les propriétés tout à fait opposées tendent à rapprocher le thallium du plomb, de l'argent ou même du fer.

Dans cette dissolution limpide de sulfate de thallium, je verse un peu d'acide chlorhydrique, et aussitôt je détermine la formation d'un corps blanc, lourd et presque insoluble, comme le composé analogue de plomb ou d'argent. Toutefois ce corps blanc, ce protochlorure de thallium, c'est son nom, est facile à distinguer des chlorures analogues, parce qu'au contact de l'acide nitrique, il va se transformer en un beau composé jaune renfermant, pour la même proportion de thallium, une fois et demie plus de chlore. Voici ce composé nouveau, cristallisant en belles paillettes jaunes, et dont la composition est la même que celle du sesquichlorure de fer.

Voici encore une dernière expérience à l'appui des précédentes. Dans cette dissolution thallique neutre, je verse un peu d'hydrogène sulfuré : immédiatement, coloration noire, formation d'un composé lourd de sulfure de thallium. A ce caractère, on reconnaît un membre de la famille du plomb. Mais, dans le même vase, j'ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, et presque instantanément le composé noir disparaît, la dissolution redevient limpide. Cette disparition, ou plutôt cette dissolution du sulfure noir, ferait rentrer le thallium dans la famille du fer.

Ainsi, messieurs, selon les propriétés que l'on envisage, le thallium est potassium, fer, plomb ou argent, ou, pour parler d'une manière plus précise, appartient à la première, à la troisième ou à la cinquième des familles dans lesquelles on partage les métaux. J'avais donc raison de vous dire en commençant, que ce métal, par la réunion des caractères réellement contradictoires qu'il présente, est un vrai métal paradoxal, mais toujours, bien entendu, au point de vue de nos classifications, lesquelles, il ne faut pas l'oublier, sont tout artificielles, par conséquent ne représentent nullement les vrais rapports des corps simples métalliques entre eux.

Tout bien considéré, par l'ensemble de ses propriétés chimiques les plus importantes, le thallium se place réellement dans la famille des métaux alcalins : c'est un frère du potassium. Toutes les études faites sur ce corps, tous les composés nouveaux, organiques ou inorganiques, découverts depuis les premiers travaux dont il a été l'objet, sont venus confirmer cette manière de voir.

Parmi ces composés de date plus récente, il en est deux assez curieux pour que je désire vous en montrer les propriétés les plus saillantes, susceptibles d'ailleurs d'applications à la physique.

Le premier de ces composés est celui que nous appelons *alcool thallique* : c'est un liquide qui peut être considéré, tout arrangement moléculaire intime réservé, comme formé d'éther ordinaire et d'alcali du thallium. Il se produit là sous vos yeux. Sous cette grande cloche de verre pleine d'oxygène pur et sec, sont des feuilles de thallium roulées en spirale au-dessus d'alcool absolu, et le thallium disparaît peu à peu, se transformant en un liquide très-lourd qui tombe sous la forme de gouttelettes huileuses et se ramasse au fond du vase qui renferme l'alcool. Un sac d'oxygène purifié et dessé-

qui fournit à la cloche le gaz qui est graduellement absorbé (1).

Je caractériserai en quelques mots, au point de vue physique, ce curieux liquide, en disant que c'est le plus lourd, le plus réfringent et le plus dispersif pour la lumière de tous les liquides composés connus. Il pèse trois fois et demie autant que l'eau. Quant à sa puissance réfringente et dispersive, c'est-à-dire à la faculté qu'il possède de dévier la lumière et d'en éparpiller les couleurs, vous allez en juger par comparaison avec le sulfure de carbone, le mieux doué de tous les liquides connus sous ce rapport jusqu'à ce jour. Les deux liquides à comparer sont renfermés dans deux prismes creux de verre superposés, ayant identiquement le même angle. On fait passer un rayon de lumière dont la direction primitive est à votre gauche : la déviation avec dispersion des couleurs se fait à droite; pour l'alcool thallique, elle est à la partie inférieure du tableau. Vous voyez que c'est précisément cette image qui est la plus écartée de la direction primitive du faisceau; qu'en outre elle est la plus dilatée, ou que ses couleurs sont plus éparpillées, plus dispersées, conformément à ce que je vous avais annoncé.

J'ajoute, messieurs, que ce liquide exerce sur la lumière une action spéciale, plus extraordinaire encore que la précédente, par sa grandeur, lorsqu'il est soumis à l'influence d'un puissant aimant. Cette action particulière, en effet, est non-seulement plus grande, mais presque le double de l'action analogue exercée par le sulfure de carbone, le plus remarquable pourtant des liquides sous ce rapport, au moins jusqu'à ce jour. A cause même de la grandeur tout à fait exceptionnelle, de cette action, nous allons faire une expérience destinée à vous la rappeler, mais non toutefois à vous en donner la mesure exacte, cette mesure exigeant toute l'attention du savant dans son laboratoire (1).

Un faisceau de lumière traverse d'abord une certaine épaisseur, 3 centimètres de sulfure de carbone, et un ensemble de cristaux dont il serait au moins superflu de vous faire ici la description. Le faisceau, en tombant sur le tableau blanc de projection, donne une image colorée formée de deux moitiés qui sont pour le moment parfaitement identiques. Mais si nous faisons agir un puissant aimant sur la colonne liquide ainsi traversée par la lumière, aussitôt le liquide réagit sur l'agent lumineux, et l'action se manifeste par une dyssymétrie, une différence de nuances qui apparaît dans les deux moitiés de l'image. La différence de couleur mesure jusqu'à un certain point l'énergie de l'action qui nous occupe. Retenez un moment cette différence.

Au sulfure de carbone nous substituons une épaisseur identique d'alcool thallique; nous laissons d'abord passer la lumière sans aimantation, pour rétablir l'identité des deux moitiés de l'image ou des deux parties du faisceau. Cela fait, nous animons l'électro-aimant, et aussitôt une dyssymétrie nouvelle dans les deux moitiés se produit, mais cette fois bien plus prononcée, bien plus grande que tout à l'heure. Changeons brusquement les pôles de l'électro-aimant; toujours l'action subsiste, mais le sens en est renversé, et la différence dans l'aimantation, se traduisant instantanément par une coloration inverse des deux moitiés de l'image, est une confirmation nette de l'effet que je voulais vous montrer.

Après avoir constaté et mesuré la puissance de dispersion que l'alcool thallique exerce sur les couleurs de la lumière, nous avons pensé que si le thallium pouvait entrer dans la composition d'un verre transparent, comme le potassium dans la composition du cristal, et si de plus il communiquait à ce verre de pareilles propriétés dispersives, on obtiendrait certainement un produit des plus intéressants au double point de vue optique et artistique. Ces prévisions ont été réalisées.

Des expériences de laboratoire nous ont d'abord prouvé que l'alcali du thallium pouvait en effet remplacer la potasse dans la composition du cristal, du flintglass ou du strass, verres de qualités diverses dont les éléments sont, comme vous le savez, la silice ou sable, la potasse et l'oxyde de plomb. De plus, et c'est ici le côté véritablement intéressant, ces expériences ont prouvé que le *cristal de thallium*, correspondant pour la proportion des éléments au cristal de potassium, était plus lourd, plus dur, tout aussi éclatant, quoique avec une teinte un peu jaunâtre, plus réfringent et plus dispersif que ce dernier.

Mais si ces expériences, faites sur de petits échantillons de 200 grammes au plus, étaient suffisantes pour établir la supériorité théorique du nouveau cristal, elles étaient impuissantes à donner un cristal homogène, sans stries ou fils, tel que l'exigent les besoins de l'optique. Pour obtenir des produits satisfaisants sous ce dernier rapport, il fallait nécessairement se placer dans les conditions pratiques de la fabrication des verres d'optique, c'est-à-dire opérer sur de grandes quantités de matière, et brasser la masse pendant sa fusion pour la rendre homogène. Après quelques recherches infructueuses faites auprès de fabricants de cristal et de strass, nous avons trouvé à Paris un artiste habile, M. Feil, neveu et successeur de Guinand, notre premier fabricant de verres pour l'optique, qui a bien voulu tenter des essais dans les conditions que je viens d'énoncer.

Il ne pouvait être question, vu la rareté du thallium (il coûte encore au moins un millier de francs le kilogramme) de faire des fontes de 300 à 400 kilogrammes chacune, condition cependant presque indispensable pour obtenir de beaux produits, suffisamment irréprochables aux subtiles investigations de ce difficile agent qu'on appelle la lumière. On a dû se borner à opérer sur 5 à 6 kilogrammes de matière à la fois, dans un creuset comme celui-ci, que vous voyez encore en partie rempli de la matière d'une fonte. Eh bien, malgré ces conditions trop manifestes d'infériorité dans le travail, M. Feil, grâce à son habileté et à un dévouement à son art que je me plais à proclamer ici, est parvenu à obtenir du cristal de thallium, non pas parfait sans doute, mais à peu près complétement dépouillé de stries et de bulles, c'est-à-dire avec un degré d'homogénéité comparable à celui qu'exigent les besoins de l'optique.

(1) La chaleur développée dans cette oxydation du thallium est si grande, que, si la masse du métal est considérable, la température ambiante s'élève à 25 ou 30 degrés; si, de plus, les feuilles, au lieu d'être disposées en spirales non contiguës, sont chiffonnées et jetées pêle-mêle les unes sur les autres, l'élévation de température peut aller jusqu'à déterminer l'inflammation de l'alcool, et donner lieu à une véritable explosion pouvant occasionner de très-graves accidents. C'est une explosion de ce genre qui s'est produite un jour dans une de nos préparations au laboratoire de M. Henri Sainte-Claire Deville, à l'École normale, sous une cloche de 40 litres de capacité renfermant un mélange d'un kilogramme d'alcool thallique déjà produit et 2 litres d'alcool restant. Par un hasard véritablement providentiel, au moment de l'explosion, professeurs et préparateurs, nous étions tous éloignés, et ne reçûmes aucune atteinte des terribles projections des éclats du verre et des liquides enflammés.

(1) Cette expérience a été omise à la leçon.

En présence d'un tel résultat obtenu sur d'aussi faibles quantités relatives, on ne peut guère douter qu'en opérant sur de grandes masses, comme dans la fabrication courante du verre, il ne soit possible de produire du cristal de thallium tout aussi homogène que le cristal de potasse.

Pour vous prouver la supériorité relative de ce cristal de thallium au point de vue optique, et vous indiquer par suite la possibilité de son application à des recherches scientifiques, nous allons comparer l'effet sur la lumière d'un prisme de verre de thallium à un prisme de flintglass ordinaire, de composition semblable, de nos cabinets de physique. Les deux prismes ont le même angle et sont accolés l'un à l'autre, le prisme de thallium en haut; un même faisceau lumineux va les traverser à la fois, et nous jugerons de leur action par la déviation des images et la dispersion des couleurs. — Vous remarquez sans peine que le spectre du verre de thallium est plus dévié, plus dilaté que le spectre supérieur appartenant au cristal de potasse. Il n'est pas tout à fait aussi beau, mais il ne soutient certainement pas trop mal la comparaison.

Enfin, messieurs, pour vous indiquer la possibilité d'une autre application, moins sérieuse sans doute, d'une application à la bijouterie, nous avons fait tailler un certain nombre de pierres du même cristal le plus pur, à la manière des brillants, et ces brillants nous les avons fait monter en collier par un habile fabricant de Paris: vous pouvez juger par vous-même de l'éclat et de l'effet extraordinaires produits par ces brillants, ces faux brillants, veux-je dire, qui ont l'avantage sur le strass ordinaire de jeter plus de feux colorés et surtout d'être moins altérables (1).

Mais, messieurs, il ne faudrait pas se faire illusion sur l'importance de ces applications; elles sont possibles, mais non pas encore passées à l'état pratique; elles exigent de nouvelles études. Une grosse difficulté, qui domine presque toujours dans les questions d'art ou d'industrie, c'est le prix de revient. Pour ces applications pratiques, le thallium peut-il être assez abondant, assez bon marché? Cette question m'amène naturellement à l'état du thallium dans la nature et à son mode d'extraction.

État naturel. — Le thallium est en réalité très-répandu dans la nature; mais comme les trois métaux précédents, il y est disséminé en quantités généralement si petites, qu'il n'y a pas lieu de s'étonner que son existence soit restée ignorée jusqu'à ce jour. On le rencontre principalement associé au soufre, soit dans des soufres natifs, soit dans des composés de soufre et de fer, de cuivre ou de zinc, en particulier dans les sulfures de fer qu'on appelle pyrites, et qui sont répandus un peu partout. Je citerai notamment les pyrites belges exploitées sur les bords de la Meuse; en France, celles des environs d'Alais, dans le Gard; certaines pyrites cuivreuses d'Espagne, des pyrites de Suède, d'Amérique, etc. Chose assez singulière, les plus riches mines de pyrites que nous ayons en France, celles qui alimentent la plus grande partie de nos fabriques d'acide sulfurique, les mines de Saint-Bel et de Chessy, près de Lyon, n'en renferment pas trace appréciable au spectroscope.

Si l'on n'avait pas trouvé d'autre source plus abondante en thallium, ce métal serait resté probablement aussi rare, plus rare peut-être que ceux que nous avons précédemment étudiés. Mais l'utilisation récente des pyrites thallifères, suscitée par le prix élevé du soufre pour fabriquer l'acide sulfurique, est venue simplifier considérablement le problème de l'extraction du thallium.

Au lieu de soufre, aujourd'hui, pour faire de l'acide sulfurique, la plupart des fabriques de l'Europe emploient la pyrite, qui contient en moyenne 40 pour 100 de soufre unis à 60 de fer comme éléments principaux, mais qui renferme en outre de très-petites quantités d'arsenic, de sélénium, de mercure, voire même d'argent et d'or avec d'autres métaux, et enfin du thallium. Brûlée dans des fours appropriés, la pyrite donne divers produits volatils, entre autres le gaz sulfureux, qui est le principal, l'acide arsénieux, l'oxyde de thallium et d'autres, que l'on fait passer dans de grands canaux, dans le but de refroidir le mélange gazeux, et en même temps de retenir avec l'arsenic les poussières ferrugineuses mécaniquement entraînées. Dans ces canaux se déposent en effet des poussières contenant beaucoup de fer, de l'arsenic, du sélénium, et du thallium à l'état de sulfate, quelquefois de nitrate, selon le mode de fabrication adopté dans les usines. Le thallium s'est amassé, s'est concentré au point de former en moyenne 1 à 2 pour 100 du poids des poussières. Nous avons même vu la proportion s'élever jusqu'à 7 pour 100.

Extraction du thallium. — Comment extraire le métal de ces poussières? D'une façon très-simple, comme vous allez le comprendre, et qui ne contribuera certainement pas à exagérer son prix de revient.

Il suffit de laver ces poussières avec de l'eau chaude, comme nous l'avons fait ici; puis de verser dans cette eau de lessivage, éclaircie par le repos, de l'acide chlorhydrique. On provoque, comme vous le voyez, la formation d'un dépôt blanchâtre un peu coloré en jaune par l'oxyde de fer, c'est le protochlorure de thallium impur. On lave ce corps pour le débarrasser du fer; on le chauffe jusqu'au rouge avec la moitié de son poids d'acide sulfurique, pour le transformer en sulfate que l'on purifie aisément des traces de métaux étrangers qu'il peut encore retenir; enfin, dans la dissolution limpide de ce sulfate, on plonge des lames ou des barres de zinc. Presque aussitôt, comme vous allez le voir, le zinc va se couvrir de paillettes cristallines brillantes, couleur gris de plomb: c'est le thallium métallique qui se dépose peu à peu sur le zinc en dépôt non adhérent, et finit par abandonner toute la dissolution. Dans une dissolution semblable, où nous avons mis une lame de zinc en commençant cet entretien, le métal s'est déposé sous la forme de brillantes paillettes que chacun peut apercevoir. Je détache facilement le métal avec un couteau de bois; je puis le laver, le comprimer ensuite dans un creuset de fer, et le fondre, enfin, sous une petite couche de charbon en poudre, comme je l'ai fait au commencement de cette séance.

Je dois faire observer que les poussières dont nous venons d'extraire le thallium ne s'accumulent que lentement dans les fabriques d'acide sulfurique, et que leur masse dépend de la continuité et de l'importance du travail des usines. Quelques nombres fixeront vos idées à cet égard. Aujourd'hui, dans nos fabriques de France, on brûle chaque année environ 100 000 tonnes, c'est-à-dire 100 millions de kilogrammes de pyrites. L'Angleterre et le reste de l'Europe en consomment plus de 200 000 tonnes. Sur ces 300 000 tonnes de pyrites

(1) Depuis ces essais sur le cristal de thallium, M. Feil est parvenu à produire pour pierres artificielles un verre très-éclatant, dont la dureté est telle, qu'il raye le verre ordinaire.

d'acide sulfurique, il y en a au moins les deux tiers qui sont thallifères, et dont la combustion livrerait aisément chaque année, à la fabrication du nouveau métal, si l'on voulait se donner la peine de le recueillir, au moins 2000 kilogrammes de ce métal.

Sans doute ce serait encore bien peu, industriellement parlant; mais il y aurait déjà largement de quoi suffire à l'étude et aux applications que l'on entrevoit au thallium.

Si le sulfate de zinc trouvait jamais un emploi considérable, sa préparation pourrait devenir aussi, comme la fabrication de l'acide sulfurique par les pyrites, une source nouvelle et abondante de thallium, ainsi que l'a prouvé M. Bunsen par l'analyse des eaux mères vitrioliques de Gosslar.

Mais peut-être aurons-nous mieux encore que ces sources de thallium. En effet, l'année dernière, on a été mis sur la trace d'un véritable et riche minerai de ce métal. On a trouvé, dans la collection minéralogique du musée de Stockholm, un échantillon d'un minerai renfermant du cuivre, de l'argent, du sélénium, et l'énorme proportion de 17 à 19 pour 100 de thallium. Cet échantillon viendrait de la mine, actuellement abandonnée, de Skrikerum. Sans doute ce minerai est encore très-rare puisqu'il n'est qu'à l'état d'échantillon dans une collection, mais il est difficile de croire qu'il était isolé dans la mine d'où on l'a retiré, et rien ne nous empêche d'espérer que l'on en trouvera plus tard de grandes quantités sur quelque point ou dans quelque couche encore inexplorée du globe. Combien de richesses minérales pour l'homme qui lui sont encore inconnues? Combien est petite la portion de la croûte terrestre qu'il a fouillée?

Il y une dizaine d'années on s'est avisé d'aller chercher, sur le sol glacé du Groënland, un minéral rare alors, si rare qu'on ne le connaissait guère que dans les collections scientifiques, et qu'on nomme pierre de glace, ou *cryolithe*, parce qu'un professeur de Copenhague avait prouvé qu'on pourrait en extraire avantageusement de la soude. Eh bien, l'année dernière, les navires danois ont exporté 79 millions de kilogrammes de ce minéral!

Sans prétendre le moins du monde que le thallium deviendra aussi abondant que quelques-uns de nos métaux usuels, je dis qu'on ne doit plus le renfermer dans la catégorie des métaux très-rares. Le jour où une étude plus approfondie de ses propriétés, de ses combinaisons, aura confirmé ou signalé quelques applications incontestablement avantageuses, ce jour-là, probablement, on trouvera le moyen de s'en procurer à bon marché.

Mais, messieurs, ces applications sont-elles indispensables pour donner de l'importance au thallium aussi bien qu'aux autres métaux dont je viens de vous entretenir? Faut-il donc nécessairement trouver, et trouver tout de suite un côté pratique à une découverte scientifique, pour qu'elle soit intéressante, et qu'elle ait le privilége de fixer notre attention? Nous ne le pensons pas. En venant ici vous donner une idée sommaire des nouveaux métaux, nous avons été guidé par le sentiment qui inspire et soutient le savant dans son travail, le plus souvent ingrat au point de vue de la rémunération matérielle de ses efforts; nous avons eu en vue la vérité pure. Constater de nouvelles conquêtes de l'intelligence sur la matière, montrer comment s'agrandit le cercle de nos connaissances, non-seulement par des faits nouveaux qui enrichissent la science pratique, mais par des vues nouvelles sur les propriétés générales des corps, leur classification ou leur nature, tel a été surtout le but que nous nous sommes proposé dans cette conférence, et sur lequel nous n'avons pas craint d'appeler quelques instants votre bienveillante attention.

LAMY,
Professeur à l'École centrale des arts et manufactures.

CONFÉRENCES DU BOULEVARD DES CAPUCINES.

M. W. HEINE.

Une excursion aux montagnes Rocheuses (1).

Dans une conférence que j'ai faite à l'Exposition universelle du Champ de Mars, à propos du Grand-Ouest des États-Unis et du chemin de fer qui le rattache à notre civilisation (2), je disais qu'on devait être fatigué des éternelles excursions en Suisse et aux Pyrénées; j'ajoutais qu'il fallait quelquefois varier ces monotones vacances par des excursions aux montagnes Rocheuses. Les applaudissements, un peu ironiques peut-être, avec lesquels on accueillit ma proposition me décidèrent à joindre l'exemple aux préceptes et à visiter les solitudes des prairies avec une rapidité assez considérable pour rassurer les excursionnistes qui ont devant eux un temps limité de repos à dépenser en délassements de cette nature. Voulant de plus rendre mon voyage utile au point de vue scientifique, je proposai à M. Simonin, habile ingénieur des mines, que vous avez plusieurs fois déjà applaudi dans cette enceinte, de m'accompagner de l'autre côté de l'Atlantique. M. Simonin, qui a déjà parcouru, ainsi que moi, les deux hémisphères et qui est habitué aux grands voyages, s'empressa d'accepter, et nous partîmes par la route des gens pressés, celle de Brest, New-York, Chicago et Omaha.

Dans notre traversée, nous avons eu l'agrément d'une représentation théâtrale donnée par madame Ristori au profit de la famille d'un marin noyé pendant notre passage. Jamais l'admirable artiste n'a paru aussi merveilleusement inspirée qu'au milieu de l'Océan. Était-ce l'air humide et passionné que respirent les vagues qui donnait une saveur nouvelle à sa déclamation? était-ce notre émotion naturelle qui ajoutait comme un parfum plus frais à ce que nous entendions?

Je ne décrirai point New-York, que plusieurs d'entre vous connaissent aussi bien que moi, car je retrouve ici des figures amies avec lesquelles je suis heureux de me rencontrer de n'importe quel côté de l'Atlantique. Ce n'est point, du reste, la civilisation triomphante, mais la civilisation militante dont je cherche à vous raconter les splendeurs. Repoussons tout ce qui pourrait nous arrêter en route, car en moins d'une heure et demie j'ai à vous faire parcourir un chemin qui demanderait huit jours à la locomotive; je dois donc aller cent cinquante fois plus vite que la vapeur.

Mais ce que je ne puis m'empêcher de citer comme un

(1) Voyez, dans notre tome IV, page 345 (27 avril 1867), une lecture de M. J. Marcou à la Société de géographie *sur les montagnes Rocheuses*.

(2) Voyez cette conférence dans notre tome IV, page 481 (29 juin 1867).

signe de la vigueur de la civilisation américaine, c'est que de New-York à Omaha, de la métropole à la tête du Grand-Tronc, on a déjà le choix entre plusieurs lignes se faisant concurrence. Je craindrais d'en omettre quelques-unes si je cherchais à les énumérer toutes; aussi je me borne à vous dire que nous avons pris par Chicago pour profiter des derniers beaux jours, et montrer à mon ami Simonin ses compatriotes du Canada français.

Le point de départ du grand chemin de fer de l'Ouest est une ville située sur la rive droite du Missouri, affluent du Mississippi, rivière qui a peut-être un volume d'eau supérieur à celui du fleuve. Déjà cette ville a une histoire sinon poétique, au moins assez étrange. Lorsqu'en 1800 les capitaines Lewis et Clarke arrivèrent au milieu de ces solitudes, ils trouvèrent un grand conseil de chefs indiens réuni sur les collines. Les représentants de la barbarie primitive avaient-ils un vague pressentiment de ce que ces deux étrangers allaient faire? Derrière les deux officiers marchait un monde. C'était l'avant-garde des visages pâles qui, en moins d'un siècle, devait empêcher les fils du Grand-Esprit de chasser le buffle, l'élan et l'antilope. En l'honneur de ce grand conseil, où les capitaines Lewis et Clarke fumèrent le calumet de la paix, on appela *Council Bluff* les collines de la rive gauche. Cinquante ans après le voyage des capitaines Lewis et Clarke, l'État d'Iowa entra dans l'Union fédérale, et le pays commença à se peupler. On fonda sur les collines du Conseil une ville qui ne compte point aujourd'hui moins de 10 000 habitants, et qui, tant est grande l'exubérance de vie, ne règne même point sans rivale sur ces rivages, car le terrain semble si favorable à la prospérité de puissantes agglomérations humaines, qu'on ne se contenta point de cette première fondation : on créa en 1857 une ville située sur la rive droite du Missouri, juste en face de la première. Les débuts de la nouvelle cité furent relativement pénibles : en 1863, elle n'avait encore que 3000 habitants; mais un grand événement vint faire pencher la balance en sa faveur. Ce ne fut point une grande bataille gagnée qui décida de la victoire, ce fut un décret pacifique signé par la main d'un homme qui fit une guerre plus grandiose que jamais conquérant n'en put entreprendre. Le président Lincoln, d'immortelle mémoire, choisit Omaha comme point de départ du chemin de fer du Pacifique. C'est Omaha que le président-martyr changea en racine de cet arbre immense qui, couché en travers sur les grandes prairies, va porter la vie dans toutes les parties d'un empire deux ou trois fois plus grand que l'Europe civilisée.

En 1863, Omaha ne possédait encore, comme nous l'avons dit, que 3000 habitants; aujourd'hui Omaha a vaincu, car elle en contient environ 15 000. Que sera-t-elle devenue dans quelques années, à la fin du siècle? C'est ce que je ne me chargerai point de dire. Heureux les propriétaires qui ont eu l'idée de choisir des terrains dans cette plaine, alors qu'Omaha était encore une solitude, car les hectares finiront par cesser de valoir des dizaines de dollars, parce qu'ils en vaudront des centaines, des milliers, des centaines de milliers peut-être!

Parmi les pionniers du travail qui ont eu le génie de deviner l'avenir, de saisir la perspective de fortunes futures, je vous signalerai un homme dont le nom est connu en France, je vous citerai M. Georges-Francis Train, dont l'arrestation a produit tant d'émotion à Queenstown. Si M. Train était venu par les paquebots de la Compagnie transatlantique française, il aurait trouvé une réception plus hospitalière.

Appelé par sa position à servir d'entrepôt forcé au co merce de la Nebraska, du Montana, d'une partie du Dacot du Colorado, de l'Idaho et de l'Utah, Omaha s'est dévelop avec une rapidité tout à fait américaine. Du reste, la se compagnie du chemin de fer aurait suffi pour imprimer u impulsion puissante à une ville moins avantageusement situ On calcule que bien des fois elle a mis en circulation 2 o millions de francs par mois. Rien que pendant la durée l'été de 1867, Omaha s'est enrichie de 500 à 600 maisons ces constructions sont en grande partie de brique ou de pie taillée et exécutées de la manière la plus substantielle. outre, il s'y est formé une association financière puissante le Crédit foncier américain, destiné à semer des villes et d villages tout le long du chemin de fer du Pacifique.

A cause du terrain, la ville se divise en trois parties : la ri du fleuve, une espèce de petite plaine de mille pas de large où se trouvent la gare et les usines dépendant du chemin fer; un plateau élevé de 50 à 60 pieds au-dessus de la plain d'un mille et demi de long sur un mille de large, où s'é vent les hôtels, les magasins, les édifices et quelques habi tions; et enfin une chaîne de collines en partie boisées, ont été semées de nombreuses habitations élégantes.

Il reste à Omaha un cadre tout spécial de population p mitive, un nombre considérable de Mormons qui sont « to bés hors de grâce », comme disent les « saints des derni jours », qui sont devenus raisonnables, dirions-nous. En eff ils ressemblent aux disciples de Brigham Young par leur e prit de droiture et de justice, par leur activité et leur indu trie, leur sobriété, leur amour de la paix et leurs dispositio hospitalières; ils n'ont renoncé qu'à la foi dans la mission d Joseph Smith Junior et qu'à la polygamie.

A 30 milles d'Omaha, le chemin de fer arrive dans la vall de la rivière Platte, et les rails, qui jusque-là marchaient ve le sud-ouest, tournent brusquement vers l'ouest pour suivre fleuve, qu'ils ne quittent pas pendant bien longtemps. Al les travaux d'art disparaissent. Pour construire la voie, il a qu'à creuser un fossé de chaque côté. On voit le chemin fer qui fuit en ligne droite vers l'horizon; pays admirab pour les peintres qui aiment à étudier la perspective et po les physiciens qui aiment à s'élever en ballon.

Nous avions quitté Omaha le soir; par conséquent, une p tie considérable du pays fut traversée par nous en dorm Le chemin de fer du Pacifique emploie quelques wagons d' nouvelle espèce, appelés *palace sleeping cars*, ou palais roul du sommeil, qui diffèrent autant des wagons-lits ordin que le Grand-Hôtel d'une auberge de village. Les siéges, grands et mieux rembourrés que partout ailleurs, sont s rés par une table qui se démonte à volonté, et qui le soir place à des lits confortables fort espacés les uns des au Il y a en outre à chaque extrémité plusieurs petits sal garnis d'un sofa, de deux fauteuils et de deux tables. charmantes petites retraites pour quatre personnes sont c struites en noyer noir et décorées avec des ornements bronze et des filets dorés du meilleur goût, auxquels on ne p reprocher peut-être que trop de luxe. Une sonnette app le garçon, qui présente le menu du jour, car il y a une c sine dans le wagon, et bientôt votre déjeuner, dîner souper est servi tout chaud, et vous mangez en contin votre voyage. En effet, on pourra faire le trajet d'Oc en Océan sans quitter le wagon, car un salon de toilette l'autre extrémité, complète l'arrangement d'un bon hôtel.

qui leur donne l'avantage d'être frais en été et chauds en hiver, de convenir à la fois aux régions tropicales et aux régions arctiques. Quant à la ventilation, elle n'est point abandonnée à de simples orifices; mais les roues de ces palais, en tournant, mettent en mouvement une petite pompe qui fait passer l'air à travers une couche d'eau destinée à enlever la poussière du dehors; cet air, ainsi purifié, rafraîchi, se rend dans des tubes percés de trous qui règnent tout le long du plancher. En hiver, le même procédé sert pour distribuer la chaleur, mais alors on fait passer l'eau dans un fourneau qui lui donne la température nécessaire.

Entourés de ce luxe, nous dormîmes paisiblement, ne nous souvenant guère des Indiens qui, au mois de juillet, avaient placé des obstacles sur la voie ferrée pour faire dérailler le train, que plus tard ils pillaient et brûlaient à leur aise. Cette attaque criminelle donna lieu à un incident singulier. Parmi les blessés se trouvait un jeune employé du chemin de fer, Tompkins, qui reçut un coup de feu dans le bras droit, un coup de crosse sur la tête et un coup de couteau au cou. Il tomba comme mort, et fut ramassé par les Indiens, qui se mirent en devoir de faire un trophée de sa chevelure; comme ce malheureux eut le courage de ne pas broncher pendant qu'on le scalpait, il en fut quitte pour porter perruque. Il aurait mieux fait de commencer par là. Cependant, hâtonsnous d'ajouter qu'il fut assez heureux pour ne rien perdre, et pour ramasser lui-même sa propre chevelure que l'Indien avait laissée tomber pendant sa fuite. Je me rappelle qu'on doutait de la vérité de cette aventure quand les journaux en parlaient; nous l'avons vérifiée à Omaha.

L'aurore nous a trouvés à Brady-Island, station où la locomotive prenait ses provisions d'eau et de charbon. C'est un spectacle unique qu'un lever de soleil sur la prairie : l'horizon ressemble tout à fait à celui de la mer, avec cette seule différence que le miroir des eaux n'est plus là pour refléter les tendres nuances du ciel. Mais si les vagues ne sont pas sous l'œil du spectateur, on voit la cime des puissants herbages teinte en rouge par l'action des rayons du soleil combinés avec la sécheresse et reposant dans une majestueuse tranquillité. Une vapeur délicate forme un glacis sur tout le paysage, et les diverses teintes se fondent en une délicieuse harmonie. Souvent les traces noires de l'incendie indiquent les endroits où les herbes ont été dévorées par un feu allumé par les voyageurs, la sécheresse ou les étincelles de la locomotive, peut-être même à dessein pour écarter les buffles, et par conséquent les Indiens, qui suivent toujours ces animaux dans leurs excursions. A plusieurs reprises nous avons pu assister à ce grandiose spectacle de la prairie en feu.

Nous n'avons jamais aperçu de buffles, parce que l'instinct de la solitude fait fuir ces animaux à l'approche du chemin de fer; mais les antilopes nous faisaient fête. Souvent on voyait ces gracieuses créatures accourir à très-faible distance de la voie, et s'élancer comme si elles voulaient lutter de vitesse avec la locomotive.

Quelle différence entre ce voyage et les autres que j'ai faits à travers ces mêmes prairies dans une période où l'on n'osait guère espérer que cet immense chemin de fer pourrait être construit à travers l'immense continent. Semaine après semaine, mois après mois, nous avons continué notre chemin à travers ces vastes plaines, jalonnant notre route avec les squelettes de nos bêtes de somme et de nos chevaux, souffrant fin les cimes des montagnes Rocheuses parussent comme des phares à l'horizon. Aujourd'hui une seule journée suffit pour nous transporter des bords du Missouri jusqu'au pied de ces montagnes, et d'une manière si confortable, que la plus élégante dame pourrait nous imiter sans déranger sa toilette plus que dans une promenade au Bois.

Deux années ont suffi pour construire plus de 800 kilomètres de chemin de fer, avec une solidité comparable à celle des meilleures lignes européennes. Les rails sont de la meilleure qualité qu'on puisse imaginer; les traverses se succèdent de mètre en mètre et sont saturées d'une solution anticorrosive. Malgré la rapidité de ma description, je ne peux m'empêcher de signaler les charpentes du pont de Loup-Fork, qui n'a pas moins de 1500 pieds de long, et celui du North-Platte, qui mesure plus d'un kilomètre.

Près du North-Platte, ville naissante, comme il y en a déjà beaucoup le long du chemin de fer, on voyait encore nombre de loges indiennes. C'était Spotted-Tail (Queue bariolée), un puissant chef de Sioux, avec une partie de sa tribu, qui était venu pour prendre part au grand *Pow wow* (colloque) entre la commission envoyée par le gouvernement des États-Unis pour signer un traité de paix avec les Indiens hostiles. Moneca, la fille de Spotted-Tail, nourrissait un tendre amour pour un jeune officier en garnison à Fort-Laramie. Elle meurt et parvient à obtenir de son père de lui promettre d'enterrer son corps au cimetière des blancs, à Laramie. La cérémonie eut lieu avec tous les honneurs de la guerre : la garnison, musique en tête, suivit son cercueil, entouré du drap pourpre, signe de son rang. Le père en fut tellement touché, que, depuis ce jour, il enterra le tomahawk, devint l'ami de l'homme blanc, et exerça toute son influence pour faire cesser les hostilités. Au conseil du North-Platte, quelques semaines avant notre passage, plusieurs centaines de chefs des différentes tribus étaient présents pour entendre les propositions de la commission, composée de plusieurs officiers généraux sous les ordres du général Sherman, et de quelques commissaires civils présidés par M. Taylor, chef du bureau indien à Washington. M. Taylor, autrefois prêcheur méthodiste, fit aux Indiens un long discours, flétrissant en termes éloquents le péché héréditaire qui enflamme dans leur cœur le désir de scalper leurs frères blancs, — et les invita de la manière la plus douce à enterrer le tomahawk, d'abandonner la chasse et de labourer les champs. Aussi les Indiens l'appelaient-ils le « grand chef de paix », tandis que le général Sherman était connu sous le nom de « grand chef de guerre ». Le discours de ce dernier fut plus bref : « Mes frères, disait-il, vous avez tort de tuer vos frères blancs pour les scalper. La loi le défend et punit les malfaiteurs. J'espère que dans l'avenir vous serez plus sages, sinon au printemps je reviendrai avec autant de guerriers qu'il y a d'herbes sur la prairie, et je vous punirai. »

On demanda aux Indiens s'ils avaient compris les discours : « Nous n'avons rien pu saisir de ce qu'a dit le grand chef de paix; mais nous n'avons rien perdu, répondirent-ils, de ce que nous a dit le grand chef de guerre. »

Vers midi, nous arrivâmes à Julesbourg, qui était alors la dernière station du chemin de fer. A peine le rail était-il étendu, et déjà une cinquantaine de maisons étaient sorties de terre. Ces maisons étaient partagées, par parties à peu près égales, en trois catégories. La première fraction est ha-

bitée par des employés du chemin de fer, ou contient des usines qui en dépendent plus ou moins directement. La seconde se compose de restaurants et de cafés, où l'on joue au billard et aux jeux de hasard.

Quand tout va si vite, l'avenir touche tant au présent, qu'on est obligé de prendre l'un pour l'autre. On trouve dans ces hôtels de grandes salles garnies d'une trentaine de lits, et servant de dortoirs à la population ambulante qui flotte si nombreuse sur les deux rives du chemin de fer.

Les maisons du troisième tiers sont occupées par des boutiques très-bien fournies de tout ce qui peut être nécessaire pour la vie des frontières. Ce sont de petits *Magasins réunis.* On y trouve tout, depuis un sac de farine jusqu'à un pot de confitures, depuis une aiguille jusqu'à un chapeau, depuis une paire de gants jusqu'à un paletot d'hiver, depuis une paire de bottes et du cirage jusqu'à une brosse à dents et une composition pour blanchir le teint des dames qui tiennent à plaire quand même.

Dans les auberges se trouvaient un grand nombre de spéculateurs, l'avant-garde des trappeurs financiers, ou crédit foncier américain, habiles chasseurs de sites favorables à la spéculation, qui réussissent à lever les terres que le chemin de fer doit vivifier. La colonisation, comme on le voit, suit le rail à la piste mieux encore que les Indiens ne suivent les traces des buffles. En effet, les Peaux-rouges ne passent jamais devant le troupeau, tandis que les colons devancent le rail et s'embusquent dans les bons coins où il doit passer. C'est ce qui est arrivé à Cheyenne, ville située au pied même des montagnes Rocheuses, à 200 kilomètres de Julesbourg. Au mois de juillet dernier, l'Indien campait; aujourd'hui s'élève une ville de 6000 habitants logés dans des maisons fort confortables. Les jours du wigwam sont passés; ceux du bois, de la brique ou même de la pierre taillée commencent.

C'est à Cheyenne que les locomotives qui ont traîné le convoi à travers la prairie s'arrêteront pour céder la place à d'autres locomotives plus puissantes, destinées à gravir le versant des montagnes; c'est là aussi que la compagnie du chemin de fer construit ses immenses usines, où elle entretiendra, pour commencer, 1500 personnes. Cet arsenal du commerce a provoqué l'établissement d'un arsenal de guerre, où s'approvisionneront toutes les garnisons réparties le long du chemin, pour contenir les Indiens dans les montagnes Rocheuses et le Montana. Mais les engins les plus puissants ne seront point les canons rayés et les revolvers; c'est le rail que le nomade réfractaire doit surtout redouter, car il ne peut le déraciner, tandis qu'un arsenal d'artillerie pourrait être mis au pillage ou devenir la proie des flammes.

Je ne crois pas que Cheyenne soit marquée sur une seule carte, et déjà le chiffre de ses habitants s'élève à 6000. Le gouvernement de la ville a été improvisé par les pionniers eux-mêmes, et il exerce ses fonctions d'une main aussi forte et aussi ferme que dans les États de création plus ancienne. Comme presque tout le monde portait dans les premiers jours des couteaux ou des revolvers, on a vu plus d'une fois s'allumer des querelles futiles dans lesquelles le sang a coulé. Aussi a-t-on décidé, ce qui n'est point ordinaire, que chaque nouvel arrivant doit déposer ses armes une demi-heure après son entrée en ville. Dans le cas contraire, on désarme de force le récalcitrant.

Une autre loi votée spontanément par le peuple, réuni tout entier comme dans le sein des républiques anciennes, défend de construire des cabanes dans l'intérieur de la ville acheter le terrain sur lequel elles reposent. C'est la distinc du *tien* et du *mien*, du domaine de l'État et de la propriét dividuelle qui commence; sans cela Cheyenne fût devenue petite Pologne américaine, un coupe-gorge où les prem Mohicans de la civilisation auraient remplacé les der Sioux avec bien peu d'avantage.

Pour continuer notre voyage vers les mines du Colo nous quittâmes le chemin de fer à Julesbourg; nous tra sâmes la rivière Platte à Fort-Sedgwick, et nous prîmes la gence qui traverse les prairies, en attendant que les train chemin de fer viennent la condamner à mort. Les postill de bonne composition, faisaient encore gaiement claquer le fouets en attendant leur déchéance définitive.

La rivière Platte offre au voyageur tous les obstacles grand cours d'eau, sans présenter aucun des avantages comporte d'ordinaire une artère fluviale, si ce n'est cepen qu'on y trouve de l'eau pour abreuver les chevaux. Larg plus d'un kilomètre, la rivière Platte ne peut porter la légère embarcation, et cependant les sables mouvants de lit en rendent actuellement le passage à la fois incommo dangereux, soit à pied, soit à cheval, soit même en voit Plus tard elle pourra donner à une terre voisine la fer des grands greniers du monde, car le sol de la prairi une couche épaisse d'humus, n'attend que l'eau pour duire tout ce que peut produire l'agriculture moderne; jourd'hui cette terre, livrée à elle-même, ne rend que herbes, mais ces herbes sont d'une qualité merveilleuse. le premier tribut que paye à la civilisation la prairie quise.

Le foin est extraordinairement beau, et c'est là vraim cas de dire : Il n'y a qu'à se baisser pour en prendre. le long du chemin de fer, fonctionnent les belles mois neuses de M. C. Cormick, manœuvrées par de petites escou de pionniers. Les fourrages, emballés avec soin, se transport immédiatement vers les régions du *Far East.* Les bénéfi de ces faneurs sont immenses. J'aimerais mieux peut- me mettre chercheur de foin que chercheur d'or. De pet escouades de travailleurs : un chef, deux aides et une deux paires de chevaux ou de mulets, ont aisément réa 50 000 francs de bénéfices en une seule saison, et cela a une avance de 10 à 15 000 francs au plus!

Le bureau de la diligence de MM. Wells Fargo et Compagnie se trouve sur la rive droite, près de Fort-Sedgwick. Le 2 octobre, à six heures du soir, nous nous mettions en route pour Denver dans une voiture qui contient neuf places, mais où nous n'étions heureusement que quatre voyageurs.

Six magnifiques chevaux, ayant en quelque sorte conscience de ce qu'ils prennent la place de la vapeur, nous emportent au grand trot; bientôt nous perdons de vue à la fois Fort-Sedgwick et Julesbourg. Les relais sont répartis à peu près comme ils l'étaient en France du temps des messageries Laffitte et Caillard, car ils se trouvent à une distance d'une dizaine de milles les uns des autres; mais les postillons ne changent point de relais en relais. Le même cocher conduit la voiture pendant 40 milles, et ne quitte les voyageurs qu'à une station principale où est établi un restaurant. De Julesbourg à Denver, la capitale du Colorado, on compte seize relais et quatre repas. C'est ordinairement en trente heure que se fait le trajet, et la distance étant de 208 kilomètres on pourra se convaincre que la vitesse des postes américaine

comme nous l'avons déjà dit, frappé de mort, est positivement à l'agonie, car on compte que la grande ligne sera complète dès le commencement de 1870. On n'a donc point cherché à pousser le perfectionnement de la poste aux chevaux jusqu'à ses extrêmes limites. On lui a conservé, ce qui est beaucoup, la régularité qu'elle avait lorsqu'en 1861 je traversai pour la première fois le continent américain. Il me fallut alors seize jours continus de voiture pour me rendre de la cité du Sacramento à Saint-Joseph en Missouri. J'allai en toute hâte de Pékin à New-York par la ligne la plus courte, pour prendre mon rang dans l'armée fédérale et être des premiers à défendre sur les champs de bataille l'Union menacée par la sécession.

Tous les voyageurs de la diligence qui nous conduisait à Denver étaient armés, soit de carabines, soit de revolvers. En outre, une escorte de trois soldats occupait l'impériale de la diligence. On prenait contre les Indiens insoumis les mêmes précautions que l'on eût pris en France contre des bandes de voleurs, et cette précaution était plus que suffisante, car la nuit se passa tranquillement, sans que nous ayons vu trace de coupeurs de route ou Peaux-rouges. Nous n'eûmes point à trembler un seul instant pour le couronnement de l'édifice de notre chevelure.

Nous rencontrons en route plusieurs convois de marchandises se dirigeant très-paisiblement vers Denver et les mines du Colorado. Tout le transport a lieu au moyen de grandes voitures traînées par six ou huit paires de bœufs, ou quelquefois par des mulets. Il est temps que les wagons viennent remplacer ces moyens de transport trop primitifs. Le conducteur de cet attelage marche à côté, armé d'un énorme fouet de cuir d'une vingtaine de pieds de longueur, nommé *bull-waker* (tapeurs de bœufs). A l'aide de cet instrument, dont il fait incessamment usage, les bœufs, poussés à fond de train, parcourent de 10 à 15 milles par jour. Chaque fois que l'animal reçoit un coup de ce knout, on dirait qu'il a été touché par un fer rouge. Mais au bout de la journée, le plus fatigué est plutôt l'homme que la brute; aussi les conducteurs de bœufs des prairies ont-ils inventé une multitude de gros jurons hideux à l'adresse de leur attelage. Vous me dispenserez, je le pense, de vous citer des échantillons de cette langue des charretiers du Grand-Ouest.

On raconte qu'un négociant de Saint-Louis, qui avait une grande quantité de marchandises à expédier au Nouveau-Mexique, avait imposé à tous ses charretiers la condition absolue de ne pas jurer. Le convoi se mit en marche; mais, au bout de 150 milles, les bœufs, qui n'entendaient plus retentir les jurons auxquels ils étaient habitués, refusèrent nettement d'avancer. Rien n'y fit, pas même le *bull-waker*, et le train fut obligé de s'arrêter, jusqu'à ce que le pieux négociant eût rendu aux conducteurs le droit de jurer tant qu'il leur ferait plaisir.

Comme on ne peut manquer de le comprendre, ce transport rudimentaire est fort coûteux et très-ruineux. On ne sera point étonné d'apprendre que les voituriers prennent 50 centimes par kilogramme et par 100 milles. Il faut donc payer 3 francs, par exemple, pour envoyer des marchandises de Saint-Louis à Denver. Quand on pense que les mineurs du Colorado ont été obligés pendant bien longtemps d'importer de Saint-Louis tout ce dont ils avaient besoin, y compris une 60 000 habitants; on se dit qu'il est presque impossible de prévoir avec quelle rapidité marchera le peuplement, quand Denver se trouvera en communication directe avec les centres de la civilisation de l'Est.

Bien avant d'entrer dans la capitale du Colorado, on aperçoit dans le lointain la grande épine dorsale du continent américain, la chaîne des montagnes Rocheuses. Trois géants, Pikes-Peak (15 000 pieds), Long-Peak (13 000 pieds) et Mont-Lincoln (17 000 pieds), se dessinent en teintes délicates sur un ciel pur. Denver est située sur la rive droite du Sud-Platte, à 10 milles seulement des premières montagnes. La ville compte déjà 8000 habitants, sept églises, deux colléges et un grand nombre d'écoles. On y trouve aussi un théâtre, trois banques, et, ce qui ne vous surprendra pas, trois journaux, ces vrais pionniers de la civilisation américaine. Il y a en outre plusieurs hôtels, où les prix ne sont pas plus élevés que dans les États de l'Est, ce qui m'a jeté dans une économique surprise facile à comprendre. Les rues sont magnifiques de largeur: elles ont 100 pieds, et feraient, comme vous le voyez, envie à vos boulevards. On s'arrange, dans ces cités naissantes, pour rendre inutiles les Haussmann de l'avenir. Beaucoup de maisons sont construites en briques, avec une architecture gracieuse, qui fait honneur au goût des habitants et à celui de leurs ingénieurs. On croit rêver quand on pense que Denver fut fondée, non point il y a un siècle, il y a vingt ans, mais l'année où vos zouaves héroïques plantaient votre drapeau sur la tour Malakoff.

Chaque fois que le voyageur rencontre un centre de population dans le Colorado, il est obligé de se faire les mêmes réflexions. Nous ne les répéterons point à propos de Central-City, ville de mineurs, située à 35 milles à l'ouest de Denver, sur une élévation de 8000 pieds; cependant puis-je m'empêcher de dire que nous étions logés dans une charmante maison qui semblait avoir servi de modèle à celle que l'on admirait au Champ de Mars, qui était meublée avec beaucoup de confort et même un certain luxe?

La famille de notre hôte ne comptait pas moins de cinq dames, qui attendent avec impatience l'achèvement du grand chemin de fer pour venir un jour à Paris en train de plaisir.

Un peu plus à l'ouest se trouvent des sources d'eau minérale, douées, à ce qu'il paraît, de propriétés très-précieuses. On y a déjà établi des bains et un hôtel. Quoique le pays soit encore un désert montagneux, on peut y trouver déjà de très-bonnes chambres fort confortables et d'excellents lits dont les valétudinaires les plus douillets se contenteraient.

Je fus stupéfait en entrant dans un joli parloir orné de glaces, de meubles d'acajou, de tapis de Bruxelles, de rideaux à franges avec des coulisses, et de gravures très-bien choisies.

Le prix élevé du transport est une espèce de cautionnement exigé de l'acquéreur. Obligé de payer tout son ameublement au prix de 3 francs le kilogramme, le propriétaire du Grand-Ouest ne gaspille point ses frais de port : il prend les soins les plus minutieux pour n'acheter que les objets les plus parfaits et les mieux conditionnés. Avant de me rendre compte de ce fait économique si simple, je marchais de surprise en surprise : je trouvais fréquemment dans le plus pauvre village de mineurs des objets évidemment de fabrique française. On peut dire que non-seulement la civilisation,

C'est dans les environs de Denver qu'on trouve ces couches de charbon déjà fameuses dans toute l'Union américaine, et qui, à l'Exposition du Champ de Mars, ont excité l'admiration des connaisseurs.

Les anciens auraient attribué à quelque divinité bienfaisante la découverte de couches aussi riches dans un pays où les arbres sont si rares; je me bornerai à vous dire que ces couches eussent été mille fois déchirées sans leur prodigieuse épaisseur, car on les trouve bouleversées sous tous les angles, de toutes les manières, et quelquefois verticales, c'est-à-dire perpendiculaires à leur position horizontale primitive. Ce district houiller, qui ne tardera point à se couvrir de manufactures, est beaucoup plus étendu à lui seul que toutes les houillères de France. La couche est en outre superbe. Je l'ai trouvée d'une épaisseur de onze pieds à Coal-Creek, petite ville naissante située à 10 milles au nord de Denver. En cet endroit, pour comble de bonheur, la couche de charbon est recouverte d'une couche de grès rouge très-solide et qui fait un excellent toit pour les tunnels. Généralement, une couche de 50 pieds de terre, très-riche en fer (sous forme de rognons), recouvre le charbon, qui cependant, dans la petite vallée de Coal-Creek, se trouve à fleur de terre. C'est là qu'est située cette merveilleuse entrée de la mine monstre, de laquelle on tire les *diamants noirs* par des tunnels praticables pour des chariots traînés par des mulets. Le charbon de cette région est très-bitumineux; il contient à peu près 10 pour 100 de pétrole, ce qui fait qu'on peut en tirer 50 pour 100 de gaz. Par un contraste facile à comprendre, les cendres, très-blanches et très-pures, s'élèvent rarement à plus de 5 pour 100.

Entre le Missouri et les montagnes Rocheuses, les arbres sont bien rares. On n'en trouve que le long des cours d'eau. Il faudra conserver avec soin les bouquets qui se rencontrent çà et là dans les gorges, et qui fourniront d'excellents bois de construction. L'abondance extraordinaire du charbon permet heureusement de respecter toutes les essences forestières.

Une excursion à Central-city, 35 milles à l'ouest de Denver, où se trouvent les fameuses mines d'or, nous mena à Golden-city, située sur les bords du Clear-Creek, à l'entrée de ce joli cours d'eau dans les plaines. Nous y trouvâmes des poteries et des tuileries où l'on façonne des briques réfractaires destinées aux hauts fourneaux des mines.

Jusqu'à présent les explorations des chercheurs d'or se trouvent limitées à une distance d'à peu près 30 milles des montagnes Rocheuses; ce n'est que tout récemment que les explorateurs ont franchi l'immense faîte qui sépare les eaux du Pacifique de celles de l'Atlantique. Selon toute probabilité, c'est dans cette région pour ainsi dire vierge que l'on trouvera ces immenses richesses dont les mines que l'on exploite aujourd'hui ne sont que les précurseurs. Les pentes californiennes de la Sierra-Nevada abondent en gisements d'or dont la richesse diminue à mesure que l'on s'approche du sommet. A force de diminuer, l'or finit par disparaître pour ainsi dire presque entièrement, et il fait place à des veines d'argent d'une richesse extrême. Ces mines inépuisables doivent être considérées comme la continuation de la veine argentifère du Mexique qui s'est partagée en deux branches : celle de la Nevada, courant vers le nord-ouest; et une seconde encore à découvrir, car elle a été suivie jusgies, on peut espérer que cette veine, située dans les rég encore si peu explorées du haut Colorado, effacera les ric ses déjà si merveilleuses du Nevada. Quoi qu'il en soit, c'e Georgestown, ville située sur la branche sud du Clear-Cr à 45 milles à l'ouest de Denver, que l'on commence à ploiter ces mines d'argent, qui déjà donnent quelquefois qu'à 200 dollars, soit 5 kilogrammes d'argent par tonne 1000 kilogrammes. Cependant les minerais ne sont enc recueillis qu'au hasard, le vrai filon ne commençant à parai que de l'autre côté du sommet. On admire dans le Colora une région singulière : celle des Parcs, ainsi appelée à cau de la richesse de la végétation et de la beauté des sites qu'e renferme. Ce district, où la nature semble s'être mêlée d'in ter l'art humain, se compose de trois grands plateaux situ sur le sommet des montagnes Rocheuses, par une élévation 8000 à 10 000 pieds, entourés de montagnes élevées. Le Pa du nord (North-Park), 40° 45′ N. et 106° à l'ouest de Gree wich, le plus petit et le plus élevé des trois, est bien boi il contient quelques bons pâturages et abonde en gibi Le Middle-Park (Parc central), 40° 15′ N., 105° 30′ à l'ouest Greenwich, a 60 milles de longueur sur 30 milles de large Enfin le South-Park (Parc du sud) possède à peu près l mêmes dimensions (39° 10′ N., 105° à l'ouest). Ces deux de niers, un peu moins boisés, offrent par compensation d'exce lents pâturages. Parmi les montagnes qui les entourent s trouvent les trois pics incontestablement les plus élevés d toute la région, et que nous avons déjà aperçus dans le lointain de Denver : Long-Peak, près de 13 000 pieds; Pikes-Peak, près de 15 000 pieds; et Mont-Lincoln, qui, d'après les calculs du professeur Alfred Dubois, ne possède pas une élévation moindre de 17 300 pieds.

Sur les pentes de cette dernière chaîne de montagnes se trouve la petite ville de Montgomery, située à 10 000 pieds au-dessus du niveau de la mer. C'est près de cet endroit que se trouve une série de petits lacs destinés sans doute à devenir célèbres, et dont les écoulements forment la branche méridionale de la rivière Platte. Dans le Parc du sud se trouve du sel gemme en abondance et des eaux très-fortement salines, ce qui, comme personne ne l'ignore, est une circonstance fort heureuse pour les mineurs; car avant d'être amalgamé, on sait que l'argent commence toujours par être transformé en chlorure. Le Parc du sud possède, en outre, une source d'eau chaude sulfureuse, qui sera très-recherchée par les malades, quand le Colorado sera peuplé. Les environs de cette future Baréges américaine abondent en gibier de toute espèce. Il y a des allées ombreuses et pittoresques où les rayons du soleil ne pénètrent jamais, et qui offrent un séjour délicieux pendant toute la durée des grandes chaleurs. Jusqu'en 1859, on ignorait que le Colorado contînt des minerais d'or et d'argent; on l'ignorerait encore sans un pauvre mineur de l'État de Georgia, nommé Gregory, qui passa dans le Colorado, parce qu'il n'avait pas assez d'argent pour se rendre en Californie par mer. Armé de sa bêche, de sa pioche et de sa cuvette pour laver les terres aurifères, ce hardi pionnier pénètre tout seul dans les montagnes, en remontant le cours du Clear-Creek. Chaque fois qu'il arrive à un confluent, il choisit courageusement la branche qui lui paraît devoir le conduire dans un gisement; il s'écarte ainsi successivement de tous les sentiers battus, parcourant des soli-

le reste de ses provisions, ce vaillant mineur est obligé de battre en retraite; il va se ravitailler à l'une des stations de la poste continentale. Mais en reprenant la chose à la fortune, Gregory n'est plus seul. Il a persuadé à M. Defrees de courir avec lui sur ses pistes. Après mille fatigues, ces deux associés arrivent jusqu'à l'endroit où s'élève actuellement Central-city, et la terre paraît favorable.

Defrees, harassé de fatigue, ne put résister à un sommeil qui pouvait durer toujours; mais Gregory trouve la force de procéder à une épreuve. Victoire! la découverte est faite. La terre soumise au lavage contient 5 dollars par cuvette. Gregory jette sa bêche en l'air en invoquant tous les dieux anciens et modernes. Defrees, qui s'était endormi pauvre mineur en tête d'un filon, se réveille millionnaire, propriétaire de la moitié d'un des plus riches gisements aurifères du monde. Y a-t-il beaucoup de rêves qui valent cette réalité grandiose? Le bruit de la merveilleuse découverte ne tarde point à se répandre. Une compagnie se forme immédiatement pour exploiter la veine de Gregory et pour fouiller les solitudes du Colorado voisines de cet heureux district. Après les mineurs viennent les maçons, et aujourd'hui Central-city compte plus de mille maisons, dont une grande partie sont construites en briques.

Nous avons à peine besoin de dire, puisque nous sommes en Amérique, que Central-city compte non-seulement des églises, mais encore des écoles, et plusieurs journaux, ces maîtres d'école des hommes faits, où chacun apprend à lire ses affaires. Il y a, en outre, un collége de mineurs et de mécaniciens, qui compte déjà une très-intéressante collection de minéraux.

Outre ce musée en herbe, on trouve une bibliothèque, petite, mais bien choisie, et une salle de lecture fort élégante. On peut y lire au moins une trentaine de journaux, parmi lesquels le *Times*, le *Cosmos* de Londres, le *North-China-Mail* de Hong-kong et l'*Illustration* de Paris. Pendant l'hiver on organise des conférences instructives et intéressantes. Le président, qui ne pouvait laisser passer une occasion aussi belle, qui, venant de loin, a toujours le privilége d'exciter la sympathie publique, nous pria, M. Simonin, M. Whitney, le commissaire général du Colorado à l'Exposition universelle, et moi, de faire chacun une conférence. Nous acceptâmes avec un empressement facile à comprendre dans de pareilles circonstances. Les conférences faites au milieu du continent, dans des régions où l'Indien dédaignait d'élever son wigwam il y a cinq ans à peine, obtinrent un succès beaucoup plus grand qu'elles ne le méritaient et dont nous furent très-heureux. Mais ce qui nous charma plus encore que les applaudissements de ces braves pionniers, fut de voir qu'un bon tiers de notre intelligent auditoire était composé de dames élégantes vêtues à la dernière mode de New-York, et ayant toutes les manières du meilleur monde.

L'or apparaît toujours sous la forme de pyrite de fer ou de sulfure, que l'on soumet à un traitement rudimentaire. Croirait-on que l'on se contente encore aujourd'hui d'amalgamer les minerais comme s'il s'agissait d'or natif, et que l'on se borne par conséquent à recueillir la matière que le soufre n'empêche pas de se combiner avec le mercure. L'amalgamation ne s'exerce guère que sur les surfaces fraîchement brisées; aussi ne peut-on évaluer à plus de 25 ou 30 pour 100 du

Une fortune immense attend le premier métallurgiste habile traitant les minerais que dédaigne l'ignorance des mineurs. C'est pitié de voir tous les égouts enrichir Clear-Creek, qui devient rapidement le plus riche filon du monde.

Après avoir signalé, comme nous le devions, l'étonnant gaspillage des mines du Colorado, nous nous sommes dirigés vers le nord, en longeant le pied des montagnes Rocheuses, et nous sommes arrivés à Cheyenne, qui est, comme je vous l'ai déjà dit, la plus jeune de toutes les villes d'Amérique et sans doute du monde entier. Au mois de juillet, lorsque je faisais ma conférence à l'Exposition universelle, les Indiens qui ont donné leur nom à la ville naissante campaient encore sur le territoire que Cheyenne occupe. Aujourd'hui la ville compte près de 6000 habitants recrutés entre deux conférences. Je voudrais pouvoir vous dépeindre cette activité fiévreuse, qui n'a pourtant rien de désordonné, grâce aux mesures que je vous ai signalées. Partout retentit le bruit du marteau, et les maisons sortent de terre comme appelées par la lampe merveilleuse d'Aladin.

Si vous faites une absence de huit jours, vous trouverez à votre retour qu'on a improvisé une nouvelle rue sous votre fenêtre. Qu'est-ce aujourd'hui, que le chemin de fer, qui n'avait point encore atteint Cheyenne, la dépasse de plus de 50 milles, car les maisons peuvent arriver maintenant de Chicago toutes faites, expédiées *franco* par un train de grande vitesse, si l'on est pressé de devenir propriétaire.

Nous ne tardâmes point à rencontrer l'endroit où le chemin de fer arrivait dans la prairie, habitée jusqu'à ce jour par des sauvages et des bêtes fauves. L'opération de la pose des rails venus de l'Ouest et des traverses que nous avons vu préparer à Omaha sur une échelle immense a lieu sous la direction de deux frères, les deux généraux J. S. Casement et D. C. Casement (de l'Ohio). Ces deux officiers distingués ont fait comme tant d'autres en Amérique : ils n'ont pas cru que la patrie dût, par reconnaissance, nourrir tous ses sauveurs. Après avoir abattu bravement la sécession, ils ont repris leur métier; mais ils ont retrouvé sous leurs ordres toute une armée aussi disciplinée que celle qu'ils avaient guidée sur les champs de bataille.

Les soldats de leur grande armée industrielle ont été divisés en brigades, dont chacune est réservée pour un certain travail. En tête de l'avant-garde marchent les bûcherons, qui, au nombre de quinze cents, font retentir les échos des montagnes Noires. Chaque nuit, ils se retranchent contre les Indiens et les bêtes fauves. Derrière ces sapeurs viennent les ingénieurs, qui placent des piquets pour indiquer la route que le chemin de fer doit suivre. Derrière marchent les terrassiers et les poseurs de traverses. Ces derniers sont partagés en trois brigades. La première, composée d'ouvriers d'élite, est chargée de placer les traverses dans les endroits où la route fait des inflexions ou des détours. On prend des précautions spéciales pour marquer les endroits où doit tomber le rail. Les autres placent des traverses intermédiaires et font ce que l'on pourrait appeler le remplissage.

Bientôt, en tête du train de la pose, vient un wagon, vaste plate-forme roulante chargée d'environ quarante rails et de tous les accessoires, coussinets, etc. Chaque extrémité de cette plate-forme est pourvue d'un cylindre mobile pour faciliter le chargement et le déchargement des rails.

sortir du wagon, et le troisième place les coussinets, sur lesquels on le laisse tomber au commandement du chef d'équipe. Ce mot d'ordre, *down* (en bas), est répété de chaque côté avec une vitesse d'une moyenne de deux fois à la minute. Il indique la rapidité d'accroissement de la voie ferrée; chaque rail augmente de 4 mètres la longueur du grand chemin du Pacifique.

Du moment que les nouveaux rails sont posés, le wagon s'avance jusqu'à leur extrémité, et la même manœuvre se répète sans attendre que le rail ait été fixé. Cette opération est faite par des brigades d'ouvriers qui viennent par derrière et qui consolident cette prise de possession du sol américain par la vapeur. C'est alors qu'on commence à rencontrer les trains immenses chargés de traverses, de rails et de matériaux de toute sorte : c'est la réserve de la grande armée qui s'avance. On voit les trains de manœuvre et de construction, les grands dortoirs roulants des ouvriers. Deux de ces wagons, véritablement monumentaux, n'ont pas moins de 80 pieds de longueur et servent de réfectoires. Il y en a un autre renfermant une cuisine et les magasins, etc., etc. C'est le désert qui est pris d'assaut. Partout retentit le tintement du travail : le choc des rails qui tombent, le bruit des coups de marteau des cloueurs, ressemblant à un véritable feu de tirailleurs.

Le mouvement, la vie, la civilisation, s'emparent d'une terre où la grande république assoit à jamais son empire.

Il nous restait encore à étudier la question des Indiens, et ce fut avec plaisir que nous acceptâmes la proposition du général Sherman d'assister à la conférence diplomatique qui devait avoir lieu au fort Laramie.

Le gouvernement des États-Unis, comme nous avons déjà dit, pour mettre fin aux ravages des Indiens, avait chargé une commission, composée des généraux Sherman, Harney, Augur, Terry, du sénateur Henderson, de M. Taylor, chef du bureau des Indiens, et d'autres, d'inviter les chefs des différentes tribus à un grand conseil de paix.

Depuis le printemps, cette commission avait parcouru le Grand-Ouest, et partout ses travaux avaient été couronnés de succès. Les Cheyennes, les Apaches, les Ogalala venaient d'enterrer le tomahawk pour fumer le calumet, et au fort Laramie les chefs des Corbeaux, des Sioux et des Arrapahoes devaient rencontrer la commission pour signer un traité de cantonnement.

Nous poursuivons notre chemin à travers la prairie, soit à cheval, soit dans des ambulances militaires. Ces voitures, fort commodes pour le transport des blessés, ne le sont pas moins pour les gens qui se portent bien. A la fin du troisième jour de ce voyage, nous arrivâmes au fort Laramie, où les chefs des Corbeaux et des Arrapahoes attendaient les commissaires.

Les Sioux n'étaient pas encore arrivés, et pour cette raison sans doute, combinée entre les absents et les présents, le colloque fut moins bon que celui du North-Platte, et n'aboutit pas plus que beaucoup de congrès de diplomates ne réussissent bien souvent. Malgré les éloquents discours qui furent prononcés en notre présence par les plus sages guerriers, et dont mon ami Simonin vous a fait apprécier le caractère homérique, nous n'aboutîmes à rien de définitif. On prit seulement rendez-vous au fort Phil-Karney, dans la Montana, auprès du campement des Sioux, les héros des solitudes,

400 000 Indiens qui sont restés agglomérés à l'état de tribu 100 000 seulement vivent encore comme les Mohicans Cooper. 300 000 ont consenti à accepter le cantonnement dans des terrains réservés, où ils sont libres de se gouverner à leur guise, et où l'homme blanc ne peut, sous aucun prétexte, acquérir de terres.

Parmi les tribus actuellement *domiciliées*, ayant ce que l'on peut appeler pignon dans les prairies, les Cherokees et les Choctaws occupent la première place. Au nombre de 50 000 ces convertis au travail possèdent des terres fertiles situées le long de la rivière Arkansas, entre les 94° et 100° degrés O. et les 35° et 36° degrés N. Ils cultivent le pays dont ils sont propriétaires collectifs, et jouissent d'une organisation semblable à celle des territoires; car leur chambre législative est établie d'après le modèle de celles qui fonctionnent dans les États habités par les visages pâles. En outre, rien n'oblige l'individu à demeurer soumis au régime patriarcal de la tribu, qui n'existe que du consentement mutuel de chacun de ses membres. Toutes les fois qu'un Indien veut en sortir, il reçoit immédiatement sa part des terres publiques. Il devient un propriétaire ordinaire, et entre sur-le-champ en jouissance de tous les droits assurés aux citoyens américains par la constitution fédérale. Le nombre des Indiens qui ont eu l'intelligence de renoncer à la communauté barbare par un acte de souveraineté individuelle n'est pas moindre de 37 000. Aucune infériorité ne les suit, aucune tache originelle ne les accompagne dans les différentes carrières auxquelles ils se livrent. Je ne crains pas d'être démenti en disant qu'on les voit avec faveur et qu'on encourage leurs efforts. Le peuple des États-Unis est généreux et sympathique. Il ne sent pas le besoin d'être injuste, comme on l'a trop souvent écrit en Europe, pour les hommes qui l'ont précédé sur la terre où la liberté civilisée a établi son empire.

Je dirai même que plusieurs de ces ci-devant Indiens, aujourd'hui citoyens de l'Union, ont conquis des fonctions importantes. Parmi ces élus, je citerai le colonel Parker, aide de camp du général Grant et gendre du général Sackett.

Espérons que les tribus qui persistent encore à conserver leurs habitudes vagabondes se décideront, malgré les énergiques protestations dont M. Simonin vous a fait admirer l'éloquence, à renoncer à leur vie errante. Puissent les derniers représentants d'un âge qui n'est plus, comprendre qu'ils sont eux-mêmes les pires ennemis de leur race, s'ils refusent de profiter des arts, de l'expérience et de l'appui des visages pâles! Puissent leurs guerriers intelligents se convaincre qu'ils condamnent eux-mêmes leur nation à la plus rapide, à la plus cruelle des morts, s'ils suivent l'exemple des Mohicans et non celui des Choctaws ou des Cherokees! Qu'on le sache bien, en effet, il n'y a pas de loi protectrice qui puisse embaumer vivantes des formes sociales usées, des institutions qui ont fait leur temps. Il n'appartient à personne d'empêcher l'homme d'obéir au décret des puissances inconnues, en vertu duquel il a reçu la sainte mais souvent pénible mission de réaliser le bien sur la terre.

W. HEINE.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 19 — 11 AVRIL 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. D'ARCHIAC

(de l'Institut).

Du développement chronologique et progressif des êtres organisés.

Messieurs,

Nous vous exposerons rapidement, dans cette conférence, les phénomènes organiques les plus généraux qui se sont produits à la surface de la terre depuis son origine jusqu'à nous. La chaîne continue des animaux et des végétaux qui se sont succédé forme un immense tableau de l'effet le plus saisissant pour quiconque peut l'embrasser d'un coup d'œil. Mais essayer de vous le présenter dans un si court espace de temps n'est peut-être pas une entreprise sans quelques difficultés.

En nous bornant cependant aux principales masses, à celles qui caractérisent le mieux les divers plans de ce tableau, depuis les plus éloignés de l'extrême horizon jusqu'à ceux qui se trouvent à portée du spectateur, nous espérons encore pouvoir vous donner, de ce vaste ensemble, une idée juste et *en rapport* avec l'état actuel de la science. Seulement nous sommes obligé de réclamer de vous, messieurs, une attention plus soutenue que s'il s'agissait d'expériences qui parlent aux yeux ou de la description de sujets particuliers. L'exposé de résultats généraux, des principes et des lois qui en dérivent, a toujours quelque chose de plus abstrait que la simple démonstration des faits. S'il nous suffit en général, pour l'intelligence de ce que nous avons à dire, de faire appel aux connaissances les plus élémentaires des sciences, à celles même qui s'acquièrent dans les relations ordinaires de la vie, il en est cependant qui doivent vous être présentées d'abord sous un jour particulier, à cause de leur intime connexion avec le sujet de cet entretien. Ce sont les connaissances qui se rattachent à la géologie proprement dite, et que nous rappellerons sommairement, en reportant un instant votre pensée à l'origine même de notre planète.

Si l'on admet, avec l'école de Pythagore chez les anciens; avec Descartes, Leibnitz, Buffon et de Laplace chez les modernes, c'est-à-dire avec les philosophes, les physiciens, les astronomes et les naturalistes; si l'on admet, disons-nous, l'origine ignée de notre globe et sa fluidité primitive, on concevra que la vie n'a été possible à sa surface que lorsque celle-ci, solidifiée par suite du refroidissement de la masse, avait atteint une température assez basse pour que l'eau, due à la condensation des vapeurs contenues dans l'atmosphère, pût se maintenir d'une manière permanente à l'état liquide dans ses dépressions, l'eau ou l'humidité étant, comme on sait, une des conditions essentielles de tout organisme vivant.

Les premières eaux ainsi formées durent contenir des principes salins et avoir une composition assez analogue à celle des mers actuelles. C'est du moins ce que l'on peut conclure des caractères des plus anciens organismes, tandis que nous n'avons de preuve de l'existence d'eaux douces, semblables à celles des rivières et des lacs de nos jours, qu'à partir d'une époque beaucoup moins reculée.

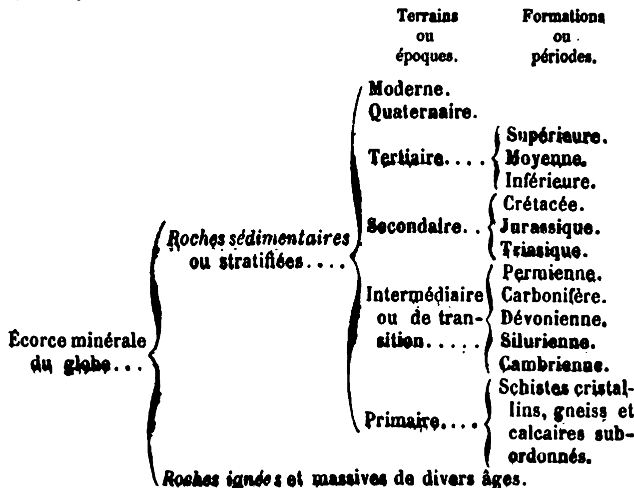
L'Océan d'alors était sans bornes, peu profond, mais parsemé d'innombrables îlots représentant les aspérités de la croûte oxydée du globe : ainsi les premiers organismes, animaux et végétaux, étaient tous aquatiques et marins. Par conséquent, il n'y avait point encore d'animaux respirant l'air en nature et directement par des poumons, mais au contraire par des branchies comme les Mollusques et les Poissons, et sans doute aussi par une disposition physiologique beaucoup plus simple, comparable à celle des organismes les plus inférieurs de nos jours.

Du moment qu'il y eut des eaux permanentes, des sédiments s'y déposèrent par suite de l'altération et de la décomposition des roches émergées, et du transport, dans leurs bassins, par les eaux atmosphériques, des éléments qui en provenaient. Ainsi commence un nouvel ordre de choses : aux roches cristallines, massives, résultant du refroidissement extérieur de la masse fluide incandescente et formant les parois des premières dépressions océaniques, s'ajoutent au fond de celles-ci des dépôts en couches superposées, ou, comme on dit, *stratifiées*, indiquant, par leur structure en grand comme par la nature et l'arrangement de leurs matériaux, leur origine sédimentaire.

Ces causes et leurs effets s'étant continués sans interruption générale jusque sous nos yeux, où ils se produisent encore, il en est résulté une série de dépôts argileux, sableux, marneux, calcaires, caillouteux, etc., se recouvrant les uns les autres, comme on le voit dans les collines et les carrières de nos environs. Ils occupent aujourd'hui les trois quarts de la surface des terres émergées des continents et des îles, et leur étude constitue la *géologie stratigraphique*.

Les divisions établies d'après certains caractères, dans les couches ainsi superposées, représentent, pour le géologue, les divisions du temps en unités et en fractions de diverses valeurs correspondant à ces couches. La classification qui en résulte, et pour laquelle nous allons voir que les animaux et les végétaux que ces sédiments renferment ont été d'un si grand secours, consiste donc à présenter, suivant leur ordre d'ancienneté, les phénomènes dont ces roches ont conservé les traces ou qu'elles expriment elles-mêmes, et dont l'en-

semble forme ainsi le tableau chronologique de l'histoire de la terre. Ce tableau, que nous reproduisons ici très-sommairement, est le cadre naturel dans lequel se trouve compris le sujet de notre entretien, parce que nous allons suivre, dans chacun des termes dont se compose cette série, depuis les plus anciens ou les plus inférieurs jusqu'aux plus récents ou les plus rapprochés de la surface, les changements qu'ont subis les animaux et les végétaux, à la fois dans les eaux marines, dans les eaux douces, et à la surface des continents et des principales îles (1).



L'étude des corps organisés anciens enfouis dans les couches de la terre a reçu le nom de *paléontologie*. Elle se divise naturellement en deux branches principales : la *paléozoologie*, qui traite des animaux, et la *paléophytologie*, des restes de végétaux. Mais, pour la commodité du langage, nous emploierons d'une manière générale le mot *fossile*, soit adjectivement, soit substantivement, pour désigner tous les restes organiques ou seulement leurs traces reconnaissables que l'on rencontre dans les diverses couches du sol.

Les fossiles peuvent être envisagés sous divers points de vue, soit qu'on les considère dans leurs rapports avec les animaux et les plantes qui vivent encore sous nos yeux (c'est le point de vue zoologique et botanique, le premier qui s'offre à l'esprit de l'observateur), soit que, de leurs caractères comparés, on déduise l'état physique du globe lorsqu'ils vivaient, soit enfin qu'étudiés dans leurs relations avec l'ancienneté des couches qui les renferment, ils fournissent les moyens d'établir tantôt la succession, tantôt la contemporanéité de ces couches. C'est le point de vue géologique ou stratigraphique, et sans lequel la paléontologie n'existerait pas comme science distincte. C'est ce premier fait qui en constitue l'originalité, l'individualité en quelque sorte, et autour duquel une multitude de données que l'observation y rattache, et de nombreux corollaires qui s'en déduisent, constituent, par leur ensemble, un véritable corps de doctrine particulier.

Ainsi caractérisée, l'étude des fossiles vient relier sans les confondre la zoologie et la botanique à la géologie ; elle complète et agrandit le domaine des deux premières, et jette une vive lumière, ainsi qu'un intérêt non moins vif, sur la troisième, qui sans elle n'aurait pu atteindre le degré de précision où est arrivée la généralisation de ses lois, ni trouver de chronomètre comparatif, d'une marche assez sûre et assez régulière, pour apprécier la succession des temps.

La paléontologie, ou l'histoire de la vie à la surface de la terre, embrasse donc la connaissance des formes innombrables d'animaux et de végétaux qui se sont succédé et remplacés graduellement, sans interruption complète et sans jamais se répéter dans leur ensemble. Aussi notre imagination n'est-elle pas moins frappée de l'immensité des temps que ces générations nous révèlent que de l'inépuisable fécondité du principe qui les a diversifiées, et c'est ainsi que, depuis l'origine des choses, les produits organiques n'ont pas cessé d'apporter des preuves de l'éternelle jeunesse de la nature.

Mais comment est-on arrivé à saisir cette relation constante des caractères organiques d'une couche du sol avec son ancienneté? à pouvoir dire, avec un degré de certitude égal à ce que nous connaissons de mieux démontré dans l'étude du monde actuel, ces ossements de mammifères, de reptiles, de poissons, ces restes de crustacés, ces coquilles, ces oursins, ces zoophytes, ces débris de plantes, sont de tel âge? ils ont été doués de toutes les propriétés de la vie à tel moment de l'histoire de la terre? C'est uniquement par l'observation directe des faits et par leur comparaison attentive.

La première idée et la première application de cette grande loi de la nature appartient à un Français dont le nom était resté fort obscur jusque dans ces dernières années : c'est l'abbé Giraud Soulavie, qui, dans divers ouvrages sur la géologie du Languedoc et du Vivarais, publiés de 1777 à 1784, a formulé le double principe, que *les fossiles diffèrent d'une couche à une autre suivant la place que cette couche occupe dans la profondeur du sol, et qu'ils sont les mêmes dans toute l'étendue de chacune d'elles.*

Dix-huit ans se passèrent avant que ce principe fût trouvé pour la seconde fois en Angleterre, et trente ans avant qu'il fût reconnu et appliqué dans la patrie de son inventeur. Giraud Soulavie est resté ignoré de ses contemporains et de ses successeurs ; il a été de ceux que l'opinion déshérite sans qu'on sache pourquoi, si ce n'est que son style lourd et diffus était peu propre à faire valoir le mérite de ses recherches.

Développé, perfectionné, puis appliqué en grand, le principe de Giraud Soulavie, on peut le dire sans exagération, a fait le tour de la terre, partout contrôlé, vérifié, confirmé par les faits et admis par les observateurs de toutes les nations. C'est à lui que l'on doit les immenses progrès de la géologie et de la paléontologie depuis quarante ans, progrès tels, qu'aucune autre science n'en avait encore fait de semblables dans le même laps de temps. Enfin Giraud Soulavie, on peut le dire aussi, a été une des gloires méconnues de la France (1).

Essayons, messieurs, de vous présenter actuellement les principaux résultats de cet ensemble de travaux, en suivant l'ordre chronologique, depuis les plus anciennes roches de sédiment jusqu'aux plus récentes, depuis le terrain primaire jusqu'au terrain quaternaire. Voyons quels sont les caractères essentiels des faunes et des flores ou des diverses associations

(1) On a supprimé dans ce tableau, comme n'étant pas absolument nécessaires à l'intelligence de ce qui suit, les divisions du troisième et du quatrième ordre, c'est-à-dire les *groupes* et les *étages* de chaque formation ou système. Il y en a quelques-unes mentionnées dans ce qui suit, mais que le lecteur rapportera aisément et sans confusion possible à la formation dont ces sous-divisions font partie.

(1) Voyez, pour plus de détails à ce sujet : *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, vol. I, 1862, p. 348. — *Géologie et paléontologie*, 1866, p. 142.

logiques, et constatons aussi la marche du développement chronologique des êtres organisés, depuis les plus simples jusqu'aux plus composés (1).

Si pour cela nous reportons encore une fois notre pensée au moment où les eaux se maintenaient à l'état liquide à la surface de la terre et à une température au-dessous de 100 degrés, mais plus élevée cependant que celle de nos mers tropicales, une première question se présente ; question inévitable, quoique insoluble, la plus grave que l'homme puisse se poser en face de la nature : Qu'est-ce que la vie ? quel est son principe ? où est sa cause ? comment s'est-elle manifestée d'abord ?

Cette question, vous ne vous attendez pas, messieurs, à ce que je l'aborde ici ; elle appartient à un ordre d'idées que je n'ai pas mission de traiter, notre domaine étant celui de l'observation directe des faits et des conséquences qui s'en déduisent. Cependant, sans aborder le problème par son côté abstrait, on peut au moins le considérer par une de ses faces qui est du domaine de l'observateur.

Si en effet le principe de la vie existait alors sur la terre même, nos connaissances nous permettraient difficilement d'admettre qu'il ait pu se manifester et produire des résultats très-sensibles sans l'intervention d'une cause étrangère, tout extérieure, fort éloignée, puisqu'elle réside dans le soleil.

Les lois de nutrition et de conservation de la vie, sans parler des autres, ont toujours dû être les mêmes. Si quelques changements dans les circonstances physiques extérieures ont pu réagir sur les corps organisés dans certaines limites, nous ne concevons pas que ces influences aient été jusqu'à changer les fonctions des organes, à les intervertir, à les soumettre en un mot à d'autres lois physiologiques que celles que nous connaissons. Nous sommes d'autant plus confirmés dans cette manière de voir, que rien ne nous fait supposer que les animaux et les végétaux fossiles, quelles que soient leur ancienneté et la diversité de leurs caractères, n'y aient pas été soumis eux-mêmes. En un mot, les organismes de tous les temps s'expliquent parfaitement par l'application des principes qui régissent les fonctions des organismes vivants. Nous sommes donc autorisés à conclure de ce qui est aujourd'hui à ce qui a été autrefois.

Or nous voyons les animaux carnassiers, terrestres et aquatiques, se nourrir d'animaux herbivores vivant dans les mêmes milieux ; ceux-ci à leur tour se nourrissent de végétaux. Mais nous savons que la condition du développement de la vie chez le plus grand nombre des plantes, si ce n'est chez toutes, indépendamment de la température et de l'humidité, réside essentiellement dans l'action de la lumière solaire, qui, décomposant l'acide carbonique de l'air, fixe dans les plantes le carbone et laisse dégager l'oxygène. Ainsi sans le soleil point de végétaux, au moins de ceux dont la verdure orne la terre, point d'animaux herbivores ni carnivores, rien de semblable à ce qui se passe sous nos yeux, parce que nous ne pouvons

Mais ce n'est encore là qu'un côté du sujet, car celui de[s] deux règnes qui est le plus simple, le règne végétal, qui pr[é]pare et élabore tous les éléments propres à entretenir la vi[e] de l'autre, ne pourrait lui-même subsister longtemps sa[ns] épuiser la source où il s'alimente, l'acide carbonique de l'ai[r] malgré le contingent que peuvent apporter les émanatio[ns] provenant de l'intérieur de la terre. Ce sont les animaux q[ui] sont alors chargés d'y suppléer, en convertissant l'oxygène d[e] l'atmosphère qu'ils ont absorbé par la respiration et en le r[e]jetant sous forme d'acide carbonique, d'où résulte le princi[pe] général de l'économie organo-chimique de la nature. C'e[st] une de ces lois de solidarité harmonique indispensable à l'équ[i]libre de l'ensemble, et sans laquelle le développement exclu[]sif de l'un ou de l'autre règne n'aurait pu subsister longtem[ps] sans rendre l'atmosphère irrespirable pour les animaux, o[u] insuffisante pour les végétaux. Quel que soit donc le princi[pe] de la vie dans son essence propre, nous ne pouvons enco[re] concevoir ces effets, tels qu'ils nous apparaissent, sans l'i[n]fluence directe d'un agent extérieur, la lumière solaire.

Si l'on se rappelle maintenant que le culte le plus répand[u] chez tous les anciens peuples civilisés de l'Asie, du nord d[e] l'Afrique et de l'Amérique centrale, était le culte du solei[l] que la croyance la plus générale attribuait à cet astre u[ne] action directe sur le principe de la vie à la surface de [la] terre, ne sera-t-on pas tenté de voir, dans ce dogme, une d[e] ces intuitions profondes du génie de l'antiquité dont nous r[e]trouvons bien d'autres exemples dans l'histoire ? l'expressi[on] allégorique d'une de ces vérités fondamentales qu'il était r[é]servé au génie des sciences modernes de démontrer quat[re] mille ans plus tard (1) ?

Après ces vues générales qui étaient nécessaires à l'intel[li]gence complète des faits paléontologiques et qu'on ne trou[ve] guère dans les livres, du moins présentées comme nous v[e]nons de le faire, entrons plus directement dans le domai[ne] de ces faits.

Quelles sont les plus anciennes traces de la vie dont la co[n]naissance nous soit parvenue ? et jusqu'où a-t-il fallu desce[n]dre dans la profondeur de la terre pour les découvrir ? [En] d'autres termes, à quel moment de son histoire les conditio[ns] de température, de lumière, de composition de l'atmosphè[re] et des eaux ont-elles permis à des organismes, même tr[ès] simples, de se développer ? Dans le *terrain primaire*, par [le]quel nous devons commencer notre esquisse paléontologiq[ue] générale, l'épaisseur énorme des couches (10 000 mètres [ou] deux lieues et demie environ) (2) qui renferment ces premie[rs]

(1) On conçoit que nous nous tenons ici complétement en dehors de toute question dogmatique, théorique ou spéculative sur l'origine des espèces, sur la diversité des types, des races, etc., pour nous renfermer dans le simple énoncé des données acquises directement par l'étude des faits.

(1) « Comme il n'y a pas un point de la terre où l'action du soleil » soit sentie, il n'y a pas un point où l'on n'ait regardé cet astre comm[e] » la cause des effets à la production desquels il concourait. Il fut do[nc] » Dieu pour tous ces peuples qui ne voyaient aucune autre cause » l'être qui paraît planer éternellement au-dessus des êtres qui cro[is]» sent et meurent sous ses rayons, à l'être qui mesure le temps d[es] » autres existences, tandis que rien ne mesure ou ne paraît mesu[rer] » la durée de la sienne, à ce feu aussi brillant à son coucher qu'à s[on] » lever, qui n'a ni vieillesse ni jeunesse, qui éclairait le monde lorsq[ue] » notre œil pour la première fois s'est ouvert à la lumière, et qui » l'éclairera pas moins vivement lorsqu'il s'y fermera pour la derni[ère] » fois. Les mots de commencement et de fin ne semblent être faits q[ue] » pour nous, et non pour celui qui a tout vu naître et voit tout mouri[r] » (Dupuy, *De l'origine des cultes*, p. 45.)

(2) Remarquons ici, pour les personnes qui ne sont pas familiaris[ées] avec les procédés qu'emploie le géologue pour mesurer l'épaisseur d'

rudiments encore bien obscurs appelés *Eozoon*, ou animaux de l'aurore, reporte la pensée à une époque tellement reculée, qu'aucune expression numérique ne pourrait en donner l'idée. On peut dire seulement, afin de la faire comprendre au moins par une comparaison, que ces *Eozoon* nous représentent l'*immensité des temps* comme les plus petites étoiles aperçues à l'aide des plus puissantes lunettes nous représentent l'*immensité de l'espace*. Mais si la parallaxe de ces dernières ne peut être mesurée avec les instruments les plus délicats, le temps qui nous sépare de ces premières manifestations de la vie nous est au moins représenté par l'épaisseur des roches qu'il faut traverser pour les atteindre.

Quant à ces *Eozoon*, ils constituent des masses calcaires amorphes, assez considérables, montrant, lorsqu'on soumet au microscope des plaques extrêmement minces de la roche qui les renferme, une structure tout à fait comparable à celle des animaux les plus inférieurs, de ces protozoaires ou rhizopodes de nos mers, ou mieux de ces corps lenticulaires si répandus à l'époque tertiaire, et désignés sous le nom de Nummulites. Ils n'ont encore été signalés que dans les roches primaires du Canada et de quelques parties de l'Europe. Ils ne sont point accompagnés d'autres restes organiques bien déterminables, et ils nous représentent la première manifestation du développement de la vie animale à la surface de la terre. C'est le premier terme de cette série de formes innombrables qui, commençant par la plus simple, s'élève ensuite graduellement, à travers les temps, et par l'apparition successive des types de plus en plus perfectionnés et compliqués, jusqu'à celles de la nature actuelle.

Sans nous arrêter, messieurs, à ces traces, à celles peut-être des plantes marines et d'autres attribuées à des animaux de classe incertaine encore, observées dans les *couches cambriennes* de quelques pays, nous pénétrerons dans la *période silurienne*, où nous voyons les êtres organisés prendre possession des mers, sous des formes mieux caractérisées, plus nombreuses, plus variées et constituant déjà une véritable faune dans sa partie inférieure, appelée *couches à Lingules* en Europe et *grès de Potsdam* en Amérique.

En même temps apparaissent, dans l'ancien et le nouveau monde, des représentants des diverses classes d'animaux invertébrés, des rhizopodes, des zoophytes, des radiaires, des annelides, et surtout des mollusques et des crustacés. Mais on doit remarquer que, dans chacune d'elles, ce sont les types inférieurs, tels que les crinoïdes parmi les radiaires, les brachiopodes parmi les mollusques, les trilobites parmi les crustacés, qui se montrent d'abord. Cette première faune néanmoins est encore peu riche en genres et en espèces, relativement à celles qui lui ont succédé pendant le reste de la période silurienne, alors que les ordres plus élevés de ces mêmes classes, les gastéropodes et surtout les céphalopodes parmi les mollusques, prennent un si prodigieux développement dans certaines mers, annonçant ainsi, par leurs dimensions, parfois gigantesques, que ces dernières étaient déjà plus profondes que celles des premiers âges.

ensemble de couches, que, dans les terrains les plus anciens et surtout dans les schistes cristallins primaires, les couches sont toujours plus ou moins redressées, souvent même verticales, de sorte que la mesure de leur épaisseur devient celle de leurs tranches qui affleurent à la surface du sol. C'est ce que peut représenter une suite de livres rangés debout sur la tablette d'une bibliothèque, au lieu d'être empilés à plat les uns sur les autres.

La faune silurienne, considérée dans son ensemble, car elle comprend en réalité plusieurs faunes distinctes, ne contenait encore, en 1842, que 807 espèces; en 1860, ce nombre s'élevait déjà à 7477, plus 76 plantes aquatiques de la classe la plus inférieure ou des algues. Les types dominant pendant cette longue période, dont les couches dans certains pays n'ont pas moins de 8476 mètres d'épaisseur, sont déjà les plus élevés de la classe des mollusques, les céphalopodes, dont on compte 1192 espèces, et les plus inférieurs, les brachiopodes 1408 espèces, puis les crustacés de l'ordre des trilobites, ainsi nommés à cause de leur corps constamment partagé en trois lobes dans le sens de la longueur, propres au terrain de transition et dont on compte 1400 espèces. Ensuite viennent 721 mollusques gastéropodes, 582 acéphales, 479 radiaires crinoïdes et cystidées, 496 polypiers, 389 bryozoaires, etc.

Avec les derniers dépôts siluriens, désignés sous le nom de *groupe de Ludlow*, commencent à se montrer, en Angleterre, en Bohême, en Russie, quelques représentants de la classe la plus inférieure des animaux vertébrés. Ce sont des poissons, encore peu nombreux en espèces, peu répandus, de petites dimensions, et d'une organisation également peu élevée dans leur propre classe. Ces circonstances, ajoutées aussi à des caractères quelquefois mixtes ou peu tranchés, s'observent presque constamment à la première apparition d'une des grandes divisions du règne animal. C'est en quelque sorte une loi, et, si l'on y signale des exceptions, il est très-probable qu'elles résultent de lacunes dans nos connaissances, et que des découvertes ultérieures les feront disparaître comme tant d'autres qui depuis trente ans ont été comblées.

Ainsi, jusqu'à ce moment, aucun animal, aucune plante terrestre ne nous est connue de cette première grande phase de l'histoire de la terre, commençant avec les *Eozoon* et se terminant avec les premiers poissons. Sa fin semble aussi avoir été marquée, au moins dans certains pays, par un affaiblissement sensible dans l'activité et la manifestation des forces vitales.

Dans la période suivante, ou *dévonienne*, leur énergie ne tarde pas à se relever. Le type des poissons prend un accroissement notable en Europe comme dans le nord de l'Amérique. Leur corps, couvert d'écailles ou de plaques osseuses brillantes, d'où le nom de ganoïdes qu'on leur a donné, atteignait jusqu'à 8 et 10 mètres de long. Le caractère le plus général des poissons de cet âge, comme de tous ceux des terrains de transition, est un squelette cartilagineux, et la queue, dans le lobe supérieur de laquelle se continue la colonne vertébrale. Ce lobe est alors plus grand que l'inférieur, d'où le nom de *poissons hétérocerques* donné à ce type, par opposition à celui de *poissons homocerques*, comprenant ceux dont les deux lobes de la queue sont égaux, comme dans la plupart des types plus récents. Les trilobites dévoniens présentent de nouveaux genres, mais l'ordre tout entier perd sensiblement de son importance. Parmi les mollusques, les céphalopodes et les brachiopodes se modifient, mais sont toujours prédominants. Il en est de même des radiaires et des polypiers.

Si les animaux terrestres manquent encore, d'assez nombreux restes de plantes prouvent que les conditions de la vie végétale à la surface du sol s'étaient réalisées. Des conifères voisines des *Araucaria*, et des cryptogames (*Lepidodendron*, lycopodiacées, équisetacées, fougères), c'est-à-dire les moins élevés des végétaux qui fleurissent, et les plus élevés de ceux qui ne fleurissent pas, commencent à recouvrir les terres

faunes.

L'ère carbonifère, qui vient ensuite, se divise, par rapport à son organisme, en deux parties distinctes, ou groupes, séparées par une troisième généralement de peu d'intérêt. Le groupe inférieur, désigné sous le nom de *calcaire carbonifère*, à cause de la prédominance de l'élément calcaire dans sa roche, nous offre des poissons comme dans l'ère précédente. Les trilobites, qui déjà avaient diminué sensiblement, cessent complétement avec les derniers dépôts de celle-ci. Les coquilles univalves y sont au contraire plus répandues. De même que parmi les brachiopodes certaines formes déprimées plus ou moins orbiculaires, couvertes de stries fines (*Leptæna*, *Orthis*, etc.), dominaient dans la série silurienne, que d'autres plus renflées, transverses, ornées de grosses côtes (*Spirifer*) abondaient dans la série dévonienne, de même des coquilles de plus grandes dimensions, et surtout celles de formes hémisphériques (*Productus*), caractérisent dans toutes les parties de la terre le calcaire carbonifère. Les radiaires crinoïdes, principalement les Pentrémites, ne sont pas moins caractéristiques de cet horizon où les polypiers se montrent à peu près en même nombre que dans les périodes silurienne et dévonienne. Le type des radiaires échinides, qui doit prendre un si grand développement plus tard, y apparaît par quelques formes particulières.

La végétation terrestre, par suite sans doute d'une extension de plus en plus considérable des surfaces émergées, prend ici une importance qu'elle n'avait pas encore eue. Dans beaucoup de pays elle a été assez riche pour que les détritus des plantes accumulées aient donné lieu à des bancs de charbon exploitables (1).

Enfin, nous atteignons cette période si remarquable qui n'avait pas encore eu d'égale par la prodigieuse énergie de sa végétation, et qui ne s'est pas renouvelée depuis. Cet ensemble de plantes n'apparut qu'une fois sur la terre avec une richesse *inouïe*, et ce qui en fait quelque chose de tout à fait *à part* dans son histoire, c'est l'influence que les produits de cette végétation étaient destinés à exercer sur l'humanité elle-même, non pas à la naissance de cette dernière, ni pendant sa longue éducation, mais après que des centaines de générations, de nations civilisées et d'empires eurent disparu, c'est-à-dire dans notre propre siècle, dont tout le mouvement industriel et une partie de la richesse des peuples les plus avancés dans la civilisation reposent sur l'existence du charbon, reste de cette flore luxuriante dont nous savons retirer la chaleur, la force, la lumière et les plus éclatantes couleurs.

(1) En comparant, il y a vingt-cinq ans, les faunes connues alors des systèmes silurien, dévonien et carbonifère, nous arrivâmes à reconnaître la loi de succession des êtres dans le temps et dans l'espace, savoir, que les espèces qui avaient vécu le plus longtemps étaient aussi celles qui s'étaient répandues sur de plus vastes surfaces. Résultat conforme à l'idée qu'on peut se faire du plus ou moins d'énergie vitale d'une espèce, et, par suite, de sa résistance aux causes de disparition. Or, ce fut quelques années après, que les recherches bathimétriques d'Edw. Forbes démontraient qu'il en était de même dans les mers actuelles, où les espèces qui, dans une localité, se montrent à plusieurs niveaux en profondeur, sont aussi celles que l'on rencontre dans les régions les plus éloignées les unes des autres. On conçoit, en effet, que celles qui, dans le même temps, peuvent vivre dans les conditions les plus différentes doivent être aussi celles qui vivront le plus longtemps. La loi de distribution des animaux marins avait donc été constatée pour les mollusques les plus anciens avant de l'être pour ceux qui vivent actuellement.

les huit dixièmes de cryptogames et deux dixièmes de plantes plus élevées. Les Fougères, les Lycopodes, les Presles d'alors atteignaient la dimension de nos grands arbres ; les conifères, les sigillariées, les astérophyllitées, les nœggerathiées venaient ensuite, mais il y avait encore peu de cycadées. La longueur du temps que cette végétation représente, et que nous chercherons à apprécier tout à l'heure, ne permet guère de penser que plus d'un tiers de ces espèces aient vécu dans le même moment; ce qui serait numériquement une végétation bien pauvre comparée à celle de nos jours, surtout quand on songe qu'elle s'est étendue, avec des caractères semblables, du 80[e] degré de latitude au 35[e] degré, sans s'être prolongée beaucoup au delà sous les tropiques dans chaque hémisphère. Cependant, à en juger par les résultats, la densité de ces forêts due à la force et à l'activité de la végétation, devait être beaucoup plus grande que celle des plus épaisses forêts vierges actuelles du Brésil et des rives de l'Amazone. Ce phénomène organique, le plus remarquable peut-être de l'histoire de la terre par sa généralité, a dû exiger, pour se produire, des circonstances toutes particulières dans les conditions physiques ambiantes.

Parmi ces circonstances, on doit supposer une atmosphère chaude et humide, un sol très-humide aussi, peu élevé au-dessus du niveau des mers, et une proportion d'acide carbonique dans l'air plus considérable que celle de nos jours, peut-être de 5 à 8 centièmes (1).

La formation des couches de houille ou de charbon, alternant avec des argiles schisteuses et des bancs de grès, peut être comparée, dans la plupart des cas, à celle de nos tourbières continentales ou marines, mais sur une échelle infiniment plus grande, puisque l'on connaît des bassins houillers aussi étendus que la France entière. Ces dépôts peuvent, en outre, donner eux-mêmes la mesure du temps qu'ils ont mis à se former.

Ainsi des expériences directes et les calculs qu'on en a déduits ont montré que le bois d'un hectare de futaie de cent ans de nos forêts, réduit à l'état de houille, donnerait une couche de 15 *millimètres* d'épaisseur; or il y a des couches de charbon qui ont 8 à 10 mètres et davantage, et si l'on ajoute le temps nécessaire pour le dépôt des lits d'argile et de sable qui séparent ceux de combustible, le tout atteignant des épaisseurs de 500 à 600 mètres, et quelquefois bien davantage, comme dans le pays de Galles où elle est de 3600 mètres avec une centaine de lits de charbon répartis dans la hauteur, on voit que le temps se compte bientôt par millions d'années. En se basant sur la quantité d'acide carbonique répandue actuellement dans l'atmosphère (4 à 6 dix-millièmes), on a trouvé que certaines couches de houille auraient exigé un laps de cinq cent mille ans, et celles de toute la série houillère environ neuf millions d'années.

Maintenant, messieurs, quelle a dû être la conséquence directe d'un tel état de choses? La voici. On a évalué que la proportion de carbone contenue dans les couches de houille de toute la terre était environ six fois celle de l'acide carbonique de l'air que nous respirons; or, cette soustraction, quoi-

(1) La plus grande proportion d'acide carbonique, supposée favorable au développement des parties vertes des végétaux, a peut-être contribué au contraire à l'absence, à cette époque, des plantes à fleurs complètes, et dont l'appareil floral exerce, comme on sait, une action chimique différente sur les éléments de l'atmosphère.

que lente, a dû avoir un effet sensible sur la constitution de l'atmosphère d'alors, et par suite sur les êtres organisés qui ont vécu vers la fin de cette période, et c'est ce que nous verrons en effet tout à l'heure.

Mais que se passe-t-il actuellement sous nos yeux à cet égard ? L'homme civilisé du XIX[e] siècle est intervenu dans l'économie générale de la nature ; inconscient du résultat, il y joue un rôle qu'aucun des êtres qui l'ont précédé ne pouvait remplir. En appliquant à ses besoins ces trésors de force, de chaleur, et l'on peut ajouter de lumière, emmagasinés il y a des milliers de siècles dans le sein de la terre, il tend à rétablir, dans la composition de l'atmosphère, l'équilibre que la végétation houillère si exubérante avait rompu.

Des expériences directes et des calculs ont montré qu'en 1864, la production annuelle de la houille étant évaluée à 133 millions de tonnes, la quantité d'acide carbonique répandue dans l'atmosphère par sa combustion était de 304 milliards de mètres cubes. Aujourd'hui cette proportion serait déjà plus considérable, la consommation s'accroissant rapidement chaque année (1) ; aussi des peuples prévoyants ont-ils cherché à évaluer le temps qu'il leur restait à vivre sur ce capital qui ne se renouvelle pas. Les Anglais, par exemple, ont calculé que, dans un peu plus de deux siècles, leurs ressources seraient épuisées. Si chaque nation en faisait autant, on pourrait presque en déduire le moment où l'atmosphère terrestre serait ainsi rentrée en possession d'une grande partie du carbone qui depuis tant de siècles lui avait été soustrait par le seul fait de la vie des plantes houillères (2).

La vie animale de cette période ne montre point une exubérance de force comparable à celle de la vie végétale, mais elle nous présente de nouveaux types de crustacés, succédant aux trilobites qui ont disparu, et beaucoup plus voisins de certains types actuels. Ce qui est plus digne encore de fixer l'attention, c'est l'apparition dans les derniers sédiments houillers des représentants d'une nouvelle classe d'animaux, celle des reptiles. Les premiers quadrupèdes à sang froid, respirant l'air en nature, annoncent une modification dans la composition de l'atmosphère, parfaitement en rapport avec ce que nous venons de dire, mais sans doute encore moins complète qu'elle ne le fut plus tard. Car ces types singuliers de vertébrés semblent participer à certains égards du type des poissons, et à d'autres de celui des reptiles batraciens ou des amphibiens, comme les Salamandres et les Grenouilles. Quelques-uns sont plus rapprochés des sauriens ou des lacertiens inférieurs de la famille des lézards. L'Amérique du Nord, les îles Britanniques, les provinces rhénanes, les environs de Sarrebruck et même ceux d'Autun, en France, sont les pays où l'on a trouvé récemment des restes de ces premiers quadrupèdes.

Cette circonstance, comme le grand développement de la végétation terrestre, annonçant des surfaces considérables de sol émergé, pouvait faire pressentir que des mollusques pulmonés existaient aussi alors, et en effet de petites coquilles extrêmement voisines de celles qui vivent aujourd'hui le long des haies et des bois ont été rencontrées dans des troncs d'arbres carbonisés des couches houillères de la Nouvelle-Écosse.

Si quelques insectes névroptères rappelant nos Libellules et quelques autres vivaient alors, il n'y avait encore aucune de ces nombreuses et élégantes tribus qui se nourrissent des fleurs ; il n'y avait point d'oiseaux dans les bois ni sur les bords des lacs, des étangs et des rivières ; aucun mammifère sur les terres émergées, ni dans les eaux : par conséquent, aucun chant, aucune voix, aucun bruit causé par un être animé n'interrompait le silence solennel de ce tableau si riche et muet encore. Comme si le langage des animaux, quelque imparfait qu'il soit relativement à celui de l'homme, fût un progrès que la nature, dans sa marche lente et graduelle, réservait aux périodes à venir.

Avec la *formation permienne* se montrent, en quelque sorte partout, les derniers efforts de l'organisme si fécond des périodes précédentes et qui viennent clore cette grande *époque de transition*, à la fin de laquelle il semble que les sources de la vie, momentanément ralenties, ont eu besoin d'attendre de nouvelles forces pour recommencer une nouvelle suite de productions sur de nouveaux plans, tout en conservant et en modifiant un certain nombre des anciens.

« Cet affaiblissement général des forces organiques, avons-
» nous dit, cette extinction de certains types, le petit nombre
» de ceux qui persistent, et le nombre plus faible encore de
» ceux qui sont propres à cette période, sont des circonstances
» très-remarquables dans l'histoire biologique de la terre,
» dont nous ne voyons pas un second exemple aussi frappant
» ni avant ni après, et dont la cause première nous échappe.
» Mais ce n'est, à proprement parler, que la moitié d'une
» phase particulière dont l'autre moitié nous offre une nou-
» velle faune et une nouvelle flore, s'essayant timidement
» aussi ; et ce n'est qu'après que nous aurons traversé la pé-
» *riode du trias* qui ouvre l'*époque secondaire*, que nous retrou-
» verons, dans la *période jurassique*, une richesse et une exu-
» bérance des produits de la vie comparables, quoique sous
» d'autres formes, à ce que nous avons vu avant l'ère per-
» mienne. » (*Géologie et paléontologie*, 1866, page 531.)

La classe des reptiles est la seule qui ait continué à se développer et à se perfectionner pendant cette dernière, et c'est aussi celle dont les caractères, dans les genres *Labyrinthodon*, *Rhynchosaurus*, *Thecodontosaurus*, *Notosaurus*, *Simosaurus*, *Mastodonsaurus*, etc., de notre hémisphère, *Dicynodon*, *Oudenodon*, *Galeosaurus*, de l'Afrique australe, impriment à la *formation triasique*, qui lui a succédé, un *facies* propre. Elle y est accompagnée de certaines formes de mollusques céphalopodes (les Cératites, intermédiaires entre les Goniatites de transition et les Ammonites des périodes suivantes), d'univalves et de bivalves, très-peu de polypiers et de crustacés, avec

(1) En effet, le relevé statistique des exploitations pour 1866 a déjà donné les résultats suivants :

Iles Britanniques	101,630,543	tonnes.
France	12,000,000	
Belgique	11,800,000	
Prusse	18,592,115	
Saxe	2,000,000	
Autriche	2,836,350	
Espagne (1865)	360,245	
Portugal	13,000	
Russie (1863)	128,422	
États-Unis d'Amérique	26,000,000	
Nouvelle-Écosse	560,680	
Californie (1864)	65,000	
Australie (1865)	382,968	
Total	176,369,323	tonnes.

A. Daubrée, *Rapports du jury international : Substances minérales* (in-8, 1867), pages 29-39.

(2) Voyez pour plus de renseignements : *Introduction à l'étude de la paléontologie*, 1864, vol. II, pages 14 et 20. — *Géologie et paléontologie*, 1866, pages 473, 477 et 508.

Avec la *formation jurassique*, au contraire, la nature rentre dans toute la plénitude de sa puissance. Dès ses premiers dépôts, dans le Wurtemberg et l'ouest de l'Angleterre, et peut-être un peu auparavant en Amérique, ont été signalés les premiers représentants de la classe des mammifères. Ce sont encore de très-petits et très-rares animaux appartenant à trois genres de l'ordre le plus inférieur, celui des didelphes ou marsupiaux (*Microlestes*, *Hypsiprymnopsis*, *Dromatherium*). En Angleterre seulement, d'autres types de ce même ordre et des insectivores ont été trouvés à deux autres niveaux de la formation, toujours fort petits et fort rares. Ce sont, à la base de la grande oolithe, les *Stereognathus*, *Amphitherium*, *Amphilestes* et *Phascolotherium*, et dans les couches de Purbeck, derniers sédiments de cette période, les *Spalacotherium*, *Triconodon* et *Plagiaulax*, comprenant en tout vingt espèces. Les caractères de ces petits mammifères sont en rapport avec l'existence de la faune entomologique que révèlent les mêmes gisements, comme cette faune s'accorde avec les plantes qui vivaient dans les mêmes lieux. Non-seulement on n'a encore observé de traces de mammifères à ces deux niveaux nulle part ailleurs que dans le centre et le sud de l'Angleterre, mais encore la formation crétacée qui a suivi, et a été dans tous les pays l'objet de recherches les plus attentives, n'en a pas, jusqu'à présent, présenté le moindre débris.

Les reptiles jurassiques sont très-remarquables par leurs dimensions, leurs formes extraordinaires, souvent bizarres, et par leur extrême variété. Les Ichthyosaures et les Plésiosaures, sauriens nageurs, dont les membres sont terminés en forme de palettes rappelant ceux des cétacés, et dont les narines sont rapprochées des orbites ; les Mégalosaures, dont la longueur atteignait 10 mètres ; les Pliosaures, les Téléosaures, et enfin les Ptérodactyles ou reptiles volants, dont les extrémités étaient disposées pour soutenir des membranes comme dans les chéiroptères de nos jours, réalisant, en quelque sorte, le dragon de la Fable ; tous ces grands quadrupèdes encore à sang froid impriment aux faunes, également riches à d'autres égards, du lias, de la grande oolithe et de l'argile de Kimmeridge, un intérêt tout particulier. L'ordre plus élevé des chéloniens ou des tortues se montre surtout dans les derniers termes de la série.

Dans ces mêmes divisions, les poissons présentent de nombreux types. Les crustacés macroures, plus élevés que les trilobites de transition et les euryptérides houillers, et qui avaient apparu dès la période du trias, se montrent ici à presque tous les niveaux, mais surtout dans les plus récents. Les insectes de la plupart des ordres, sauf les lépidoptères, sont à peu près dans le même cas. Les mollusques abondent suivant les niveaux. Ainsi les céphalopodes à coquilles enroulées, à cloisons simples ou percillées (Nautiles, Ammonites), dominent dans tout le lias, l'oolithe inférieur, l'argile d'Oxford, s'atténuant dans celle de Kimmeridge, et plus encore dans l'étage de Portland, comme les animaux des autres classes dont les espèces sont peu nombreuses. Les Bélemnites, ces cônes plus ou moins allongés, diversiformes, sorte de rostres d'un os intérieur comparable à celui des Sèches de nos mers, parcourent à peu près les mêmes horizons, quoique commençant plus tard et finissant plus tôt. Les radiaires échinides ou les oursins réguliers, les plus inférieurs de l'ordre, apparaissent d'abord en petit nombre ; les oursins irréguliers, plus élevés, pullulaient encore dans celles du lias ou des divers groupes oolithiques, surtout avec les oursins et les polypiers du coral-rag.

Les rhizopodes, ces protozoaires si simples, dont les *Eozoon* étaient la première manifestation, se sont propagés sans doute à travers toutes les périodes suivantes ; mais l'état plus ou moins modifié des roches anciennes et le manque d'études suffisantes sont cause du peu que nous en savons encore. Leur existence, en effet, ne peut être douteuse, lorsqu'on voit les recherches toutes récentes, faites sur quelques points bien restreints des dépôts jurassiques inférieurs, nous révéler une telle variété de formes de coquilles microscopiques, qu'aucun dépôt tertiaire ou moderne ne s'est encore montré plus riche.

Les plantes prennent, comme les animaux, des caractères de plus en plus élevés. Avec les Fougères et d'autres cryptogames des temps anciens, les cycadées, entre autres des *Zamites*, voisines de celles de nos jours, et les conifères, tendent à prédominer. Dans quelques portions de l'Europe occidentale, des dépôts d'eau douce et d'eau saumâtre (groupes de Purbeck et Wealdien), marquant, les uns la fin de la période jurassique, les autres le commencement de la suivante, ont fourni à la paléontologie de précieux exemples des faunes et des flores de ce temps.

L'organisme de la période crétacée, quoique très-riche et très-varié, n'est guère qu'une modification du précédent, plus ou moins prononcée dans les divers types d'animaux. Aucune classe nouvelle n'y apparaît, il y a peu d'ordres nouveaux ; les mammifères mêmes de l'ère jurassique, soit qu'ils n'aient été qu'un essai temporaire, soit qu'ils aient été relégués dans des régions ou des dépôts encore inexplorés, comme cela est plus probable, n'y ont pas été observés.

Mais les reptiles n'y ont pas joué un moindre rôle que dans l'ère précédente. Des Chéloniens, de nombreux crocodiliens, des dinosauriens gigantesques (*Iguanodon*, *Hylæosaurus*, etc.), caractérisés par leur sacrum aux cinq vertèbres soudées et par leurs dents rappelant celles des iguanes et des lacertiens actuels, peuplaient les bords des lacs wealdiens. Les Ptérodactyles, les Ichthyosaures et les Plésiosaures se continuèrent aussi longtemps après, et les *Leiodon*, les Coniosaures, les Mosasaures, assistèrent aux derniers dépôts crétacés. Des poissons de beaucoup de familles actuelles, et dont quelques-uns accusent une modification qui les place entre les hétérocerques des premiers âges et les homocerques de nos jours, se montrent fréquemment à tous les niveaux. Les crustacés brachyures ou les Crabes, les plus élevés de leur classe, apparaissent vers le milieu de la formation.

Parmi les mollusques, les céphalopodes du type des Ammonites y affectent les formes les plus variées et les plus grandes dimensions, avant de cesser, comme les Bélemnites, avec les derniers dépôts crétacés. Une seule famille est propre à cette période et peut en caractériser, particulièrement la seconde moitié, en Europe et sur le pourtour du bassin méditerranéen comme sur celui du golfe du Mexique. C'est celle des rudistes, sortes de bivalves très-remarquables par les dimensions que plusieurs atteignent, par leurs contours irréguliers, la structure particulière de leur test, l'extrême inégalité des valves, dont une est operculaire, l'autre en cône plus ou moins allongé. Cette famille a pris un accroissement extrême à certains moments et dans certaines régions, comme nos pro-

Hippurites, Radiolites, Sphærulites, etc.) ne se montrent point, d'ailleurs, tous indistinctement aux mêmes niveaux géologiques.

Les animaux plus inférieurs, les bryozoaires, quelques genres d'échinides, les polypiers, les rhizopodes, se multiplient dans certaines localités et à certains niveaux avec une extrême abondance; mais le fond des mers ne devait plus présenter les épaisses forêts d'encrines des temps anciens. De leur côté, les végétaux manifestent un grand perfectionnement dans leurs organes : si les cycadées tendent à décliner, vers le milieu de la période et en même temps les grandes monocotylédones, les pandanées et les palmiers se développent, et les dicotylédones angiospermes apparaissent pour se multiplier rapidement, de manière à compléter toutes les grandes classes du règne végétal avant la fin de l'époque secondaire.

Avec l'époque tertiaire, messieurs, nous entrons déjà, pour ainsi dire, sous le péristyle du monde moderne; on y distingue de loin, à travers des modifications sans doute très-diverses, les grands caractères des animaux et des plantes de nos jours. La nature tend de plus en plus à compléter son œuvre par l'arrivée, dès les premiers dépôts, des vrais mammifères carnassiers et herbivores placentaires de taille moyenne; par celle des oiseaux, qui n'avaient encore montré que des traces ou des empreintes plus ou moins contestables, ou bien quelques types anormaux excessivement rares; par de nombreuses tribus d'insectes vivant sur les fleurs; enfin par les végétaux dicotylédones de toutes les familles et de la plupart des genres qui couvrent aujourd'hui la terre.

L'Europe occidentale a été jusqu'à présent la région qui a fourni le plus de documents sur les animaux et les plantes des trois périodes tertiaires, et surtout de l'inférieure, dont les mammifères semblent s'y être exclusivement rencontrés. Sept faunes successives différentes, appartenant à cette dernière classe, sont actuellement connues dans les seuls bassins du sud de l'Angleterre, de la Seine et de la Loire; quatre sont de la première période et trois de la seconde.

Celle qui accompagne les premiers sédiments tertiaires, propre jusqu'à présent à nos environs, a présenté des carnassiers de la taille du Loup (*Arctocyon*), des herbivores (*Coryphodon*) plus élevés que le Tapir de l'Inde, des débris d'un très-grand oiseau (*Gastornis*), de Tortue fluviale, de Crocodile, etc. La seconde, qui l'a suivie de près, en diffère peu aussi et caractérise l'horizon des lignites du nord de la France et du sud de l'Angleterre. La troisième, qui apparaît vers la fin des couches de mélange du calcaire grossier supérieur, est surtout caractérisée par les *Lophiodon*, voisins du Tapir, par des *Pachynolophus* et des Dichobunes avec des restes de Crocodiles et de nombreux poissons.

La quatrième, la plus importante par sa richesse et son extension géographique, est celle que renferment la pierre à plâtre des environs de Paris et les autres couches lacustres qui l'accompagnent. Ce sont particulièrement une Chauve-Souris parmi les insectivores; 5 ou 6 carnassiers de taille moyenne (*Hyænodon*, *Pterodon*, *Canis*, etc.); 3 rongeurs, 6 pachydermes à doigts impairs (*Palæotherium*), 11 à doigts pairs (*Anoplotherium*, *Adapis*, *Chæropotamus*, *Xiphodon*, *Dichobune*, etc.), et 3 marsupiaux, avec 18 ou 20 espèces d'oiseaux, des restes de

sud-est de la France, dans la vallée du Rhin, puis en Suis[se] et en Bavière, mais ici dans des conditions géologiques ass[ez] particulières, on retrouve encore de nombreux témoignag[es] de l'existence de cette même faune (2).

Les animaux inférieurs, et surtout les mollusques, ont pri[s] dans le bassin de la Seine, un développement extraordinair[e] jusqu'à présent sans exemple. Près de 3000 espèces de co[-] quilles, univalves et bivalves, y ont été trouvées et décrites; et leur mode de distribution, dans les divers niveaux géologiques, a conduit à des vues théoriques du plus haut intérêt sur les lois de la succession des êtres organisés dans le temps (3).

Les mammifères de la période tertiaire moyenne, dont le bassin de la Loire nous présente à lui seul trois faunes assez distinctes, se séparent nettement des précédents. Beaucoup de genres sont nouveaux, et les carnassiers comme les herbivores, en Europe, en Asie et dans le nord de l'Amérique, atteignent partout de plus grandes dimensions que leurs prédécesseurs. Des Rhinocéros, comme ceux de nos jours; d'énormes Mastodontes, dépassant les Éléphants actuels; de gigantesques *Dinotherium*, dont les prodigieuses défenses de la mâchoire inférieure sont recourbées en dessous; les *Anchitherium*, précurseurs des *Hipparion*, si voisins des Chevaux qui apparaîtront plus tard encore; les *Anthracotherium*, des types de suilliens; puis des carnassiers (*Amphicyon*, *Cynodon*, *Elocyon*, *Hyænarctos*, etc.); des insectivores, des rongeurs, des ruminants, formaient une population terrestre, vivant sur les parties émergées du centre et du sud de la France; tandis que, dans les golfes, représentés aujourd'hui par les bassins inférieurs de nos fleuves, vivaient de nombreux mammifères marins voisins des Lamantins et des Dauphins (*Halitherium*, *Champsodelphis*), d'autres à dents inégales (*Ziphius*, *Diplodon*, *Chonesiphius*), ou bien des types éteints (*Squalodon*). Les autres parties de l'Europe occidentale et centrale ne sont pas moins riches en débris de grands animaux de cette période.

Sur les pentes inférieures de l'Himalaya, les dépôts des collines Sewalik ont apporté aussi un riche tribut à l'organisme élevé de cette période. 29 genres de mammifères, de presque tous les ordres, et comprenant plus de 60 espèces, y ont été signalés. 8 de ces genres sont éteints, 3 sont propres au pays, les autres sont encore représentés dans la nature actuelle. Les reptiles du type des Crocodiles et des Gavials s'y montrent, comme on pouvait le présumer, plus développés qu'en Europe, et celui des Tortues y est représenté par la plus grande des espèces connues de cet ordre, le *Colossochelys Atlas* (4).

La faune correspondante de l'Amérique du Nord, découverte dans le haut Missouri, a offert aussi 34 espèces de mammifères appartenant à 23 genres dont plusieurs, comme dans l'Inde, sont particuliers à cette région du nouveau monde.

La faune tertiaire supérieure se poursuit également à travers tout l'hémisphère nord. Plusieurs des genres de la précédente y sont éteints (*Dinotherium*); quelques-uns finissent avec elle (Mastodonte de l'ancien continent), et d'autres se montrent plus voisins de ceux de nos jours, souvent même sont identiques avec ces derniers. Les ruminants, surtout les ruminants

(1) Voyez: *Géologie et paléontologie*, p. 639. — *Paléontologie de la France*, 1868, p. 236-272.
(2) *Géol. et pal.*, p. 655 et 667.
(3) *Géol. et pal.*, p. 642. — *Paléontologie de la France*, p. 274.
(4) *Géol. et pal.*, p. 676 et 681.

Ours, *Felis*, *Machairodus*, *Canis*, Loutre, etc.).

Sans nous arrêter, messieurs, aux modifications parallèles des autres classes d'animaux et des végétaux qui tendent aussi à se rapprocher de plus en plus de ceux de nos jours (1), nous devons appeler votre attention sur un des exemples les plus frappants de cette marche graduelle et ascendante du développement de la vie vers des types de plus en plus parfaits et compliqués.

G. Cuvier avait dit : « Ce qui étonne, c'est que parmi tous » ces mammifères, dont la plupart ont aujourd'hui leurs con» génères dans les pays chauds, il n'y ait pas un seul quadru» mane, que l'on n'ait pas recueilli un seul os, une seule dent » de singe, ne fût-ce que des os ou des dents de singe d'es» pèces perdues. Il n'y a non plus aucun homme. Tous les os » de notre espèce que l'on a recueillis avec ceux dont nous » venons de parler s'y trouvaient accidentellement (2). »

Mais à peine Cuvier était-il descendu dans la tombe, que dans l'ancien comme dans le nouveau continent, on voit presque en même temps les singes sortir de leurs sépultures tertiaires et quaternaires, comme pour venir protester contre la remarque du grand naturaliste. A partir de 1836, d'abord à Sansan, dans l'Ariége; puis dans l'Inde; dans les cavernes du Brésil; en Angleterre, dans le comté de Suffolk; aux environs d'Athènes en Grèce; aux environs de Montpellier; de Saint-Gaudens, au pied des Pyrénées, et sur quelques autres points encore, des restes de quadrumanes sont découverts dans des dépôts de divers âges, mais généralement tertiaires moyens et supérieurs, le gisement inférieur du Suffolk étant peut-être douteux et celui du Brésil étant quaternaire.

Ces découvertes successives ne furent point contestées, et il ne vint à la pensée de personne de s'appuyer sur la phrase de Cuvier, qui n'était d'ailleurs qu'une simple remarque sur l'état des connaissances de son temps et ne préjugeait rien de l'avenir, pour refuser à ces races éteintes le droit d'ancienneté qu'elles venaient ainsi réclamer de toutes parts. A cet égard, on peut dire que les singes furent plus heureux que l'Homme lui-même, à qui ce droit fut longtemps contesté.

Une observation intéressante qui se rattache encore aux singes fossiles, c'est que leur distribution géographique s'accorde avec celle des singes vivants. Tous ceux de l'ancien continent, ou pithécidés, ont 32 dents, les narines relevées, séparées par une cloison mince; ceux du nouveau, ou cébidés, ont 36 dents, les narines aplaties, séparées par une cloison épaisse. Or, cette répartition de deux principaux types de l'ordre a existé depuis son origine, car les singes fossiles trouvés en Europe et en Asie appartiennent tous à la première tribu et ceux de l'Amérique à la seconde.

Enfin, messieurs, la dernière époque dont nous ayons à vous entretenir, celle qui a précédé immédiatement le monde organique actuel, domaine du zoologiste et du botaniste, est l'*époque quaternaire*, qui s'ouvre à nos yeux avec tous les perfectionnements que la nature semblait pouvoir apporter à son œuvre. Les terres émergées avaient pris peu à peu les formes, les contours, l'aspect et le relief que nous leur voyons, La profondeur des bassins océaniques avait aussi augmenté dans les mêmes proportions, de manière à favoriser en même temps l'existence des grands mammifères marins.

Les restes de la faune quaternaire se trouvent dans deux sortes de gisements tout à fait distincts, mais dont la contemporanéité est établie aussi bien par les études géologiques que par la comparaison des fossiles qu'ils renferment. Ce sont les dépôts de transport fluviatiles des plaines et des vallées, et les cavernes et les brèches à ossements. En général, les débris des grands animaux se rencontrent dans les premiers, et les secondes ont été plus favorables à la conservation des petits. On est aussi parvenu à distinguer, au moins dans l'Europe occidentale, une certaine succession dans l'ordre d'apparition et d'extinction d'une partie des éléments de cette faune, mais on conçoit que nous devons nous borner ici à esquisser à grands traits ces premiers plans de notre tableau en indiquant leurs caractères les plus frappants sur les continents et les principales îles (1).

Ainsi tout l'ancien continent, depuis l'Irlande jusqu'au détroit de Behring, était alors habité par d'innombrables troupes d'Éléphants (Mammouth, *Elephas primigenius*), accompagnés du Rhinocéros à narines cloisonnées (*R. tichorhinus*). Plusieurs autres espèces de ces deux genres vivaient en même temps, dans des espaces moins étendus, du midi de l'Europe, du centre de l'Asie et du nord de l'Afrique. L'Ours, l'Hyène, le grand *Felis* (Lion ou Tigre) des cavernes, se montrent également des îles Britanniques aux pentes de l'Oural. Un autre carnassier, remarquable par ses prodigieuses canines en forme de lames de sabre, le *Machairodus*, qui existait déjà pendant la dernière période tertiaire, a laissé encore ses traces dans celle-ci, dans l'ouest de l'Europe comme dans le sud de l'Amérique.

De grands Bœufs (*Bos primigenius*), de plus petits (*B. longifrons*, *Ovibos*), l'Aurochs, le Cerf gigantesque d'Irlande (*Cervus megaceros*), et d'autres espèces nombreuses, peuplaient les forêts de tout l'hémisphère nord, tandis que le Renne, aujourd'hui relégué sous les régions polaires, descendait alors au sud jusqu'au pied de nos Pyrénées. Des Chevaux comme ceux de nos jours, des Chèvres et des Moutons, des Chamois, des Bouquetins, des Chevreuils, venaient se désaltérer dans les lacs et les rivières de la France et de l'Angleterre, sur les bords desquels vivaient les Hippopotames et de grands Castors. Dans la vallée du Rhin, comme sur les limites de l'Asie et de l'Europe, se rencontrait l'*Elasmotherium*, participant à la fois des caractères du Cheval et de ceux du Rhinocéros.

On conçoit qu'avec ces grands herbivores pachydermes, ces ruminants à bois ou à cornes, ces solipèdes, avec ces puissants carnassiers, vivaient une multitude de carnassiers plus petits (Loup, Renard, Chien, Blaireau, Loutre, Marte, Putois), ainsi que le Sanglier; puis des rongeurs (Loir, Campagnol, Hamster, Rat, Spermophile, Lièvre, Lapin, Marmotte, Lemmings, *Cricetus*, *Lagomys*, etc.), des insectivores (Taupe, Musaraigne, Hérisson, etc.). Les restes d'oiseaux et de reptiles, dont la conservation était plus difficile dans ces circonstances

(1) Voyez les ouvrages précités.

(2) *Discours sur les révolutions du globe* (*Recherches sur les ossements fossiles*, vol. I, p. 407, édit. de 1834). Les restes d'animaux auxquels Cuvier faisait ici allusion sont ceux de l'époque quaternaire.

(1) Pour plus de détails sur ce sujet et pour tous les documents qui s'y rapportent, nous renverrons une fois pour toutes le lecteur aux ouvrages suivants : *Leçons sur la faune quaternaire, professées au Muséum* (voyez notre tome Ier). — *Géologie et paléontologie*, 1866, c p. 693. — *Paléontologie de la France*, 1868, chap. IV, p.

particulières de dépôt, sont aussi moins fréquents que ceux de mammifères.

Si nous portons actuellement nos regards sur le nouveau continent, nous retrouverons encore, dans les falaises glacées de la baie d'Eschscholtz, sur la côte américaine du détroit de Behring, les débris accumulés de Mammouth, de Cheval, de Renne, de Bœuf musqué, d'une seconde espèce plus grande, de Bison ou *Bos latifrons*, et d'autres grands ruminants à cornes; mais plus de Rhinocéros à narines cloisonnées, de *Bos primigenius*, d'Ours ni d'Hyène des cavernes, ni le grand Cerf d'Irlande, tandis qu'apparaissent d'autres ruminants propres aujourd'hui à l'Amérique du Nord.

Plus au sud, diverses espèces d'Éléphants ont été rencontrées dans les États de l'Union (*E. Jacksoni*) et sur le pourtour du golfe du Mexique (*E. Colombi* ou *texanus*), accompagnant les autres grands Mammifères de ces pays, et en particulier le Mastodonte gigantesque ou de l'Ohio. Ce dernier genre, qui avait complétement disparu de l'ancien continent avec l'époque tertiaire, est au contraire un de ceux qui caractérisent le mieux l'époque quaternaire dans tout le nouveau monde.

Le Cheval offre cette autre particularité qu'existant alors sur les deux continents, il a complétement disparu ensuite du nouveau, où il fut réintroduit, dans les temps historiques, par l'intermédiaire de l'Homme. Deux espèces ont été trouvées avec les autres grands mammifères dans le New-Jersey, le Kentucky, la Géorgie, à Natchez, etc. L'une d'elles, l'*E. americanus*, est la plus grande des espèces connues fossiles et vivantes. Le genre Bœuf est aussi représenté par plusieurs espèces de très-grande taille, ainsi que le genre Cerf, dont le *C. americanus* dépassait encore par sa dimension le Cerf d'Irlande. Les Ours et les *Felis* sont à peine représentés dans cette faune, où le grand *Castoroides* se montre le précurseur du Castor actuel du pays.

Mais ce qui caractérise essentiellement les mammifères quaternaires du nouveau monde, c'est l'existence et surtout l'abondance de gigantesques édentés, constituant une famille particulière, celle des mégathéroïdes, et qui ont vécu avec les Éléphants, les Mastodontes, les ruminants et les autres animaux dont nous venons de parler. Ce sont le *Megatherium Cuvieri*, le *Megalonyx Jeffersoni* ou *dissimilis* et le *Mylodon Harlani*.

En résumé, on ne connaît encore que dix-sept genres de mammifères terrestres fossiles de cette époque dans l'Amérique du Nord, et moins de trente espèces, dont plusieurs sont très-douteuses. Ce que l'on appelle la *petite faune*, c'est-à-dire celle qui comprend tous les petits mammifères de divers ordres que nous avons signalés en Europe, n'y a pas encore été généralement indiquée.

Dans l'Amérique méridionale, les dépôts quaternaires horizontaux, depuis les Andes du Pérou, à 4000 mètres d'altitude, jusque dans les immenses plaines des pampas de Buénos-Ayres et de la Patagonie, ont partout présenté les restes d'une faune de mammifères qui, par le nombre et l'étrangeté des formes, est une des plus remarquables que nous offre l'histoire des animaux fossiles.

Les carnassiers et les rongeurs y sont, à la vérité, peu fréquents, mais les pachydermes y montrent deux espèces de Mastodontes (*M. Andium* et *Humboldti*) très-répandues de part et d'autre de l'Équateur; il y a deux espèces de Chevaux, genre qui a disparu ensuite pour y être ramené par l'Homme, comme dans l'Amérique du Nord. Le *Mesotherium*, de la taille d'un petit Cheval, offrait à la fois plusieurs des caractères des édentés, des rongeurs et des pachydermes. Les *Macrauchenia* étaient aussi des herbivores de la taille du Rhinocéros et de l'Hippopotame, habitant depuis la région élevée de Tarija jusqu'à l'extrémité sud de la Patagonie. Parmi les ruminants, plusieurs espèces de *Toxodon*, atteignant la dimension des animaux précédents, rappellent à la fois, par certains caractères, les rongeurs, les cétacés, les édentés et les pachydermes. Les *Nesodon* s'en rapprochent aussi, et les Lamas, qui vivent encore dans le pays, y étaient déjà représentés par plusieurs espèces.

Nous venons de voir que, dans l'Amérique du Nord, la faune quaternaire réunissait aux types de certains grands pachydermes de l'ancien continent des types également gigantesques de l'ordre des édentés, qui manquaient dans ce dernier, tels que le *Megalonyx*, le *Mylodon* et le *Megatherium*; dans l'Amérique méridionale, ceux-ci sont associés à une multitude d'autres formes qui impriment à l'ensemble un caractère plus prononcé encore. Telles sont d'abord d'autres espèces de ces mêmes genres; puis les *Lestodon*, les *Scelidotherium*, les *Glossotherium;* et enfin cette famille des Dasypides ou des Tatous, renfermant tous ces animaux étranges, recouverts comme enveloppés d'une carapace solide, composée de pièces nombreuses, diversiformes, suivant les espèces, et protégeant les membres aussi bien que la tête et la queue. Comme les Tatous de nos jours, qui n'en sont que des diminutifs infiniment réduits, ces Tatous fossiles, parmi lesquels on a distingué plusieurs genres (*Glyptodon*, *Schistopleurum*, etc.), sont propres à ces régions de l'Amérique méridionale. Ces Tatous fossiles étaient herbivores; les vivants, à l'exception des *Tolypeutes*, sont carnivores.

La prédominance des édentés est donc bien remarquable dans cette faune, qui compte vingt-cinq ou vingt-six genres, dont plus de la moitié sont éteints, et quarante-trois ou quarante-quatre espèces, dont trois ou quatre à peine vivent encore dans le pays.

On voit, messieurs, que jusqu'à présent les quadrumanes ou les singes, les chéiroptères ou l'ordre des Chauves-Souris, et les marsupiaux didelphidés ou Sarigues, manquent dans cette faune des Pampas, si riche à d'autres égards; mais les cavernes du Brésil sont venues combler cette lacune en établissant des rapports plus complets avec la faune actuelle de cette grande région naturelle (1).

Des recherches exécutées avec soin dans les nombreuses cavernes de la province de Minas-Geraes ont fait connaître une faune de vertébrés plus riche que celle d'aucun pays, et dont nous devons nous borner à reproduire le résumé numérique suivant :

	Genres.	Espèces.
Quadrumanes	4	6
Chéiroptères	3	7
Carnassiers	9	18
Rongeurs	15	32
Édentés	13	28
Pachydermes	9	10
Ruminants	4	7
Marsupiaux	1	7
	58	115

(1) Bien que ce pays soit aussi aujourd'hui la patrie exclusive des vrais *Bradypus* ou Paresseux, et des *Mirmecophaga* ou Fourmiliers, on n'en a pas encore signalé de restes fossiles.

On reconnaît ici l'influence du mode d'enfouissement sur la conservation des divers ordres, et celle de la taille des animaux. Ainsi, l'absence ou la rareté des insectivores et des rongeurs dans les faunes précédentes, ensevelies dans des dépôts de transport, et leur abondance dans celle-ci, dont les restes avaient été accumulés dans des cavernes, montrent que la faune des mammifères quaternaires d'un pays ne peut être supposée connue que lorsque les deux modes d'enfouissement se sont produits et ont été suffisamment explorés.

Outre les mammifères, ces cavernes renfermaient encore les restes d'une multitude d'oiseaux, tels que de grandes Autruches, le sous-genre *Rhea*, un autre genre propre à l'Amérique; puis des Perroquets, des Engoulevents, des Perdrix, des Hiboux, des Chouettes, etc. Les reptiles ophidiens, sauriens et batraciens, des insectes myriapodes, de nombreuses coquilles fluviatiles et terrestres, concouraient encore à compléter la physionomie des formes animales qui peuplaient alors cette partie du Brésil.

Malgré tout ce que les recherches futures sont destinées sans doute à nous faire connaître encore, provenant, soit de ces cavernes, soit du limon des Pampas, on peut faire remarquer dès à présent, d'une manière générale, que les 70 genres et les 150 espèces environ de mammifères fossiles de l'Amérique méridionale présentent les caractères dominants de la faune actuelle de cette même région, mais avec des types infiniment plus variés et qui atteignaient des dimensions beaucoup plus considérables. Un certain nombre d'espèces, appartenant exclusivement à de petits genres, surtout parmi les rongeurs, vivent encore. Les édentés, qui formaient le trait dominant de cette faune, sont tous éteints; et pour les autres ordres, les genres ont en général d'autant moins de représentants dans la nature actuelle, qu'ils sont de plus grandes tailles.

Les falaises de la baie de Bahia-Blanca ont montré, dans la même couche de gravier, vingt espèces de coquilles marines, des Balanes et deux polypiers, qui tous vivent sur la côte voisine, mélangés avec les ossements de sept des genres de mammifères précédents qui sont tous éteints. Or, cette remarque s'applique exactement aux gisements plus ou moins analogues de l'Amérique du Nord et de l'Europe, non-seulement pour ceux qui renferment des animaux marins, mais encore pour ceux où les restes des mammifères éteints sont associés à des coquilles fluviatiles et terrestres, lesquelles vivent encore dans le pays presque sans exception.

De même que l'Amérique méridionale, l'Australie et ses grandes îles nous montrent les relations de sa faune aborigène actuelle avec celle qui l'a précédée immédiatement. Cette faune a, comme on sait, un intérêt particulier, dû à ses caractères, qui ne s'observent que sur ce continent, pour les mammifères comme pour les oiseaux. Les marsupiaux, ou animaux à poche (didelphes), qui constituent une division si naturelle, y représentent tous les ordres ou sous-divisions des mammifères placentaires (monodelphes) des autres pays.

Dans la Nouvelle-Hollande, les cavernes de la vallée de Wellington, sur les bords de la rivière Condamine, et les dépôts de transport ou lacustres des plaines de Darling-Downs, etc., ont présenté, parmi les marsupiaux sarcophages, que caractérisent de petites incisives, de grandes canines et des molaires de carnivores ou d'insectivores, des restes de *Dasyurus*, de *Thylacinus*, et le *Thylacoleo carnifex*, de la taille du Lion. Les marsupiaux poephages, dont les incisives antérieures sont grandes et longues à chaque mâchoire, les canines petites et variables, ont offert de grands Kanguroos (*Macropus affinis*, *Atlas* et *Titan*), l'*Hypsiprymnus spelæus* et l'*H. hydromys*, qui vit encore. Parmi les rhizophages, qui rappellent les rongeurs par l'absence de canines et la présence de deux incisives coupées en biseau, on a signalé le *Phascolomys Mitchelli* et le *P. gigas*, ce dernier de la taille d'un Tapir.

Mais deux animaux plus remarquables encore sont le *Diprotodon* et le *Nototherium*, représentant les pachydermes des grands continents. Le crâne du premier, d'un mètre de longueur, a beaucoup de rapports avec celui des Kanguroos. Le *D. australis* devait être de la taille de l'Hippopotame. Quant au *Nototherium Mitchelli*, il était aussi de la taille d'un Bœuf, et voisin, quoique différent, du précédent. Avec ces grands marsupiaux vivait encore, sur les bords de la rivière Condamine, le *Magalania prisca*, reptile carnivore, rapproché des Monitors actuels, et qui n'avait pas moins de 7 mètres de long.

Enfin, la plus singulière des faunes actuelles est, sans aucun doute, celle des îles de la Nouvelle-Zélande. Une petite espèce de Rat y serait le seul mammifère indigène, et le plus caractéristique des animaux à sang chaud serait l'*Apteryx* ou *Kiwi*, le plus petit des oiseaux coureurs, dont les ailes rudimentaires sont moins développées que dans aucun autre, et dont les os ne présentent point de cellules aériennes.

Dans les dépôts des plaines et des vallées de l'île du Nord, on rencontre des débris d'oiseaux ayant les plus grands rapports avec l'*Apteryx*, mais atteignant des dimensions qui dépassent d'un tiers celles de l'Autruche d'Afrique. Ces grands oiseaux, appelés *Moa* dans le pays, ont reçu le nom générique de *Dinornis*. Dix espèces y ont été distinguées : le *D. giganteus* n'avait pas moins de $3^{m},50$ de hauteur; le *D. struthioïdes* était de la taille de l'Autruche ordinaire; le *D. elephantopus* est ainsi nommé à cause des dimensions des doigts du pied, comparables à ceux de l'Éléphant. Ce dernier et le *D. crassus* vivaient par troupes, comme le prouvent leurs ossements accumulés dans certains marais, tandis que le *D. giganteus* devait vivre isolé, ses restes se trouvant épars çà et là, à de grandes distances.

Le genre *Apteornis* est peu connu encore, et le genre *Notornis*, de la famille des macrodactyles, a été retrouvé dans l'île du Milieu. Deux espèces d'*Apteryx*, qui ne diffèrent point des espèces actuelles, ont été rencontrées fossiles dans les mêmes gisements que les *Dinornis*. Ceux-ci différaient, à ce qu'il paraît, d'une île à l'autre, car ceux trouvés dans l'île du Nord n'étaient pas les mêmes. Le détroit de Cook devait être en effet un obstacle à la migration de ces oiseaux tridactyles, qui n'étaient ni nageurs, ni voiliers. Aucune trace de mammifère fossile n'a, d'ailleurs, été rencontrée dans ces îles, dont les animaux à sang chaud montrent, entre la faune ornithologique actuelle et celle qui l'a précédée immédiatement, la même analogie qu'entre les mammifères quaternaires et modernes des autres régions de la terre.

Mais l'existence d'oiseaux gigantesques n'est pas exclusive aux îles australes dont nous venons de parler. Les dépôts récents de la partie sud de Madagascar ont présenté quelques ossements, et surtout une très-grande quantité d'œufs d'un oiseau tridactyle plus grand encore que les *Dinornis*, et qui a été désigné sous le nom d'*Æpyornis maximus*. Il ne devait pas avoir moins de 4 mètres de hauteur, et cet œuf, messieurs, que je mets sous vos yeux, a une capacité égale à six fois

celle de l'œuf d'Autruche ou cent quarante-huit fois celle d'un œuf de poule.

Ainsi, messieurs, ont apparu, à un moment donné, dans les diverses parties de la terre, tous ces animaux vertébrés, plus grands que leurs congénères actuels qui vivent dans les mêmes régions; ils ont ensuite disparu pour la plupart, laissant leurs débris accumulés, par des causes physiques dont la géologie rend compte, dans les alluvions des vallées, au fond des marais, dans les cavernes et les brèches, dont ils nous servent ainsi à déterminer l'âge.

Sans doute, un pareil ensemble de phénomènes était bien propre à inspirer l'intérêt, en offrant, au naturaliste comme au philosophe, des sujets de méditations profondes sur le passé de la terre; mais, dans ces dernières années, cet intérêt s'est beaucoup accru par la certitude acquise d'un fait soupçonné depuis longtemps, mais non démontré, savoir, l'existence de l'Homme lui-même au milieu de ces générations de grands mammifères, les uns éteints, les autres vivant encore, soit dans les mêmes lieux, soit dans des régions différentes. Il est résulté de découvertes multipliées et vérifiées simultanément sur une multitude de points, en Europe, en Asie, dans l'Amérique du Nord et du Sud, comme en Australie, que l'archéologie et l'anthropologie sont des sciences qui ont aujourd'hui pénétré dans le domaine de la géologie et de la paléontologie.

Des produits incontestables d'une industrie humaine primitive, très-grossière, mais ayant partout des caractères uniformes et comparables, sont associés avec les restes de grands mammifères et de grands oiseaux éteints, et cela aussi bien dans les dépôts de transport quaternaires les plus anciens des plaines et des vallées que dans les dépôts non remaniés, placés sous les couches de stalagmites des cavernes. En outre, et ce qui n'était certainement pas nécessaire pour démontrer la contemporanéité des uns et des autres, des ossements de l'Homme lui-même ont été recueillis avec la plus grande attention, à la fois aussi dans les conditions identiques de gisement des dépôts des vallées et des cavernes, en Europe, en Amérique comme à la Nouvelle-Zélande.

Il me reste, messieurs, quelques réflexions générales à ajouter encore à ce qui précède : elles se rapportent à la comparaison qu'il est naturel de faire entre les principaux caractères différentiels de la faune quaternaire et ceux de la faune actuelle, caractères qui sont loin d'être les mêmes dans les diverses classes; et, pour abréger, je vous demanderai la permission de citer quelques-uns des paragraphes des *Leçons* que j'ai publiées sur ce sujet.

« Chez les animaux inférieurs, marins, d'eau douce ou ter- » restres, les différences entre les deux faunes sont extrême- » ment faibles. Dans les régions tempérées du nord, ils déno- » tent souvent un climat plus froid, des circonstances moins » favorables et un développement plus restreint.

» Dans la classe des mammifères, c'est généralement l'in- » verse; mais l'analogie des faunes quaternaires et modernes de » chaque région naturelle est d'autant plus prononcée, que » les animaux que l'on considère sont de plus petite taille. » On a cherché, par des modifications survenues dans les » conditions physiques extérieures, à rendre compte de la » disparition des grandes espèces et de la persistance des » petites, et l'on a pensé que ces dernières avaient pu s'ac- » commoder à des changements sous l'action desquels les pre- » mières avaient succombé, la nature réalisant ainsi l'ingé- » nieux apologue du *Chêne et le Roseau*.

» Mais il faut remarquer que si, au milieu de ce renouv » lement incessant de formes organiques qui se sont succé » dans la série de temps, nous avons été frappés d'en v » quelques-unes, parmi les inférieures à la vérité, échapp » en quelque sorte à la loi commune et traverser impun » ment tous les âges de la terre sans avoir éprouvé de mo » fications très-sensibles; si d'autres ont vécu pendant un la » de temps plus ou moins long pour s'arrêter à divers m » ments dans le cours des siècles, la loi générale, c'est q » la longévité des types est en raison inverse de la place qu' » occupent dans l'échelle des êtres, cette longévité éta » d'autant moindre que les animaux sont plus élevés.

» En outre, dans les diverses classes, genres ou espèces, » est également remarquable que la durée est en raiso » inverse de la taille et de la masse, tandis que la vie normal » des individus devait être en raison directe de celle-ci.

» Les résultats biologiques que nous présente la faun » quaternaire en particulier ne sont que l'expression d'u » moment comparativement fort court de l'existence de l » terre; et en supposant le temps suffisamment prolong » la paléontologie nous démontre que les petites espèces au » ront disparu comme les grandes.

» Pour cette simple question de temps, l'Homme, encor » bien nouveau sur le globe, ne possède aucun chronomèt » qui lui permette de mesurer le cycle de l'existence des êtr » qui l'entourent; il n'aperçoit pas le mouvement qui se fa » autour de lui, à cause de son extrême lenteur; il croit vo » lontiers que la nature organique, qui n'avait cessé de modi » fier, de perfectionner et de compliquer son œuvre depui » l'origine des choses, est devenue stationnaire depuis qu'i » en fait partie ; que les *lois de succession* et du *développement* » *graduel* dans les deux règnes, si manifestes jusque-là, ont » été remplacées par de simples *lois de conservation*; qu'en » un mot, la création est complète et finie.

» C'est là, sans doute, une illusion qui vient de ce que les » quelques dizaines de siècles qu'embrassent nos chronique » ne suffisent pas pour que l'on ait encore pu constater des » changements bien notables; mais si l'étude et l'observatio » nous ont appris quelque chose, c'est que l'histoire de l'hu » manité tout entière ne compte pas plus dans l'histoire du » monde que la vie de ces Éphémères qu'un même solei » voit naître, se reproduire et mourir. »

D'ARCHIAC,
professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

M. E. DUHOUSSET.

Les races algériennes; les Kabyles du Djurjura.

Nous extrayons quelques chapitres du mémoire présenté sous ce titre à l'Académie des sciences, dans la séance du lundi 30 mars 1868.

L'auteur, que ses devoirs militaires obligeaient à de constants rapports avec les Kabyles, mit à profit toutes les occasions de se trouver au milieu d'eux pour suivre les détails de leur vie, ainsi que le prouvent ses observations et les nombreux dessins qui constatent la préoccupation constante de représenter exactement ces intéressants habitants du massif djur-

indigènes vus de face et de profil, le complètent en donnant un spécimen de toutes les tribus kabyles.

Dans le premier chapitre, qui a pour titre *Aperçu historique*, nous lisons :

« J'esquisserai brièvement la géographie du pays kabyle le plus habité, qui se trouve pour ainsi dire groupé sur les pentes des nombreux mamelons constituant le versant nord du Djurjura, dont les divers pics se relient par une chaîne rocheuse formant le demi-cercle ; cette courbe, ouverte du côté d'Alger, va se terminer à la Méditerranée, dans les environs de Bougie, en y mouillant ses derniers contre-forts.

« La conquête de la grande Kabylie, achevée en 1857 par l'armée française, permit de vérifier quelques points qui servirent à l'intelligence de documents incertains ou confus laissés par les Romains et restés jusqu'alors inconnus.

Trois rivières, le Sahel, le Sebaou et l'Isser, entourent le Djurjura, se grossissent de nombreux affluents qui viennent de ses pentes, et forment de véritables torrents à la fonte des neiges.

Le *Sahel* prend sa source non loin d'Aumale ; coule de l'ouest à l'est, décrivant une courbe concentrique à la ligne des crêtes du Djurjura, qu'elle limite au sud. L'oued Sahel prend le nom d'oued Kebir ou oued Summan à son embouchure dans le golfe de Bougie et presque aux portes de cette ville.

Le *Sebaou* est le fleuve de la Kabylie par excellence et s'y trouve entièrement renfermé ; plusieurs sources se réunissent pour lui donner le nom d'oued Boubéhir dans la première direction du sud au nord. Son cours se redresse ensuite presque à angle droit, et, devenu oued Sebaou, coule parallèlement à la mer de l'est à l'ouest, pour reprendre sa direction au nord, sous la dénomination d'oued Neça, jusqu'à son embouchure à l'ouest près de Dellys. L'oued Aïssi est un de ses plus importants affluents de gauche ; c'est entre celui-ci et l'oued Boubéhir que le pays est le plus habité, et c'est aussi là que j'ai concentré mes observations dans le faisceau des tribus composant le cercle du Fort-Napoléon.

L'*Isser* est à l'ouest ; je n'aurai pas à m'étendre jusqu'à lui, mais je le cite comme limite.

Le Djurjura, cette muraille inaccessible dans beaucoup d'endroits, se laisse traverser du nord au sud par plusieurs passages ou cols, dont les plus importants, de l'ouest à l'est, sont ceux de Tirourda, Chellata et Akfadou ; ce dernier, le plus accessible, est à peu près au centre des grandes forêts des Beni-Hidjer et des Beni-Ghoubry.

Les tribus composant le cercle du Fort-Napoléon sont au nombre de quinze : les Beni-Raten, Yenni, Menguellet, Yahia, Ouassif, Bou-Akkache, Boudrar, Athaf, Akbil, Bou-Youssef, Ithouragh, Illiten, Ylloula ou Malou, Zikki, Hidjer.

J'ai étendu aussi mes observations sur les tribus qui avoisinent les précédentes, et nommées Beni-Ghoubry, Fraoucen, Amraoua, Kalifa, Aïssi et Yala.

APERÇU HISTORIQUE.

Disons maintenant quelques mots sur l'histoire des Berbères (1), qu'on a tout lieu de considérer comme possesseurs

(1) *Berbères*, *Barbari* en latin, *Barbaroï* en grec, *Baraber* et *Bararbra* en arabe. Tous ces mots semblent venir du sanscrit *Warvara*, appellation hostile aux étrangers.

nous reportent vers la terre de Chanaan, la Phénicie, et font intervenir, dans l'histoire des ancêtres Kabyles, les noms de Josué, Goliath et David.

Toujours est-il qu'on retrouve des Kabyles partout au nord de l'Afrique, depuis la Tunisie jusqu'au Maroc, et que, si nous devions accepter une des versions arabes, nous adopterions plutôt celle qui fait arriver les Berbères sur le sol africain par l'Arabie, entrant en Égypte, et de là s'étendant sur le littoral, qui leur permettait, en s'y groupant par petites colonies, de se livrer à l'agriculture.

Sans entrer dans toutes les considérations dont je laisse la recherche consciencieuse à plus érudit que moi, je considère le Kabyle ou Berbère comme l'autochthone du pays djurjurien, que modifièrent peut-être les différents peuples qui occupèrent tour à tour le littoral de la Méditerranée, mais dont ceux-ci n'ont jamais complétement changé les mœurs et qu'ils ne se sont pas assimilés.

Cependant, de cette possession presque constante du sol par le Kabyle, on aurait tort de conclure à la perpétuité du langage, conservé presque sans altération, depuis les temps les plus reculés, pas plus que l'indomptable indépendance de son caractère ne doit faire supposer que le sang est pur de tout mélange étranger. Il est facile, aujourd'hui encore, de constater des dissemblances remarquables dans la couleur de la peau, des yeux et des cheveux, et l'on peut aisément suivre la gradation du blond clair au noir foncé.

Néanmoins, malgré les barbes rousses et les cheveux dorés apportés dans cette contrée d'abord par les Romains et les déserteurs de tous pays que contenaient leurs armées, enfin par les Vandales, l'élément arabe lui-même, qui a dû laisser le plus de traces visibles, a été absorbé par la race berbère, fixe et tenace.

Les récits des historiens les plus anciens, surtout ceux de langue latine, parlent des Quinquegentani, envahisseurs de l'Afrique septentrionale, comme ayant été forcés par leurs ennemis de se concentrer dans les montagnes, où l'on n'osa pas les poursuivre. Théodose lui-même échoua contre Firmus, lorsqu'il ne parvint pas à l'attirer dans la plaine, où quelques-uns de ses succès furent encore douteux.

Sur ce littoral de l'Afrique, que nous appelons aujourd'hui la Kabylie, toute la fin du IVe siècle fut désastreuse pour la grande nation. Elle avait, sur les côtes, des établissements considérables dont on retrouve encore la trace. Mais prospérèrent-ils toujours ? On l'ignore. Et quelle fut leur durée exacte ? On l'ignore également, quoique l'occupation romaine, à dater de la fondation de l'empire, ait pu exister plus de quatre cents ans.

La principale fonction des chefs qui se succédaient alors en Afrique était de suffire aux besoins de Rome, ce gouffre qui engloutissait toute chose, et de pourvoir aux largesses que le gouvernement faisait au peuple. Ils n'avaient d'autre but que d'arriver strictement à ce résultat.

Les Romains ne demandaient aux pays conquis que des esclaves et des laboureurs. Ceux des vaincus qui ne voulaient pas accepter le joug abandonnèrent la plaine ; ils se retirèrent, en gravissant les hauteurs, jusqu'à ce que les bois et les ravins leur offrissent un abri inaccessible aux cruautés des centurions, aux exigences du fisc ; et, de ces forts naturels,

ils s'enhardirent plus tard à descendre, sous la direction de chefs audacieux, pour attaquer et refouler l'étranger.

ORGANISATION DE LA SOCIÉTÉ KABYLE.

N'ayant pour le moment à retracer que l'état actuel des Kabyles, nous devons commencer par décrire sommairement leur organisation.

L'ensemble des individus d'une même famille, notre clan celtique, s'appelle *kharouba ;* chacune des kharoubas qui composent le village, ou *dechera*, choisit parmi ses membres un *dhaman* qui doit la représenter aux réunions du conseil municipal, défendre ses intérêts en étant pour elle responsable ou *répondant*. Cette dernière acception est la vraie : un Kabyle qui prête une somme à échéance exige que son débiteur lui présente un ou deux dhamans ou cautions.

L'ensemble de plusieurs decheras prend le nom d'*arch*.

Dans chaque village l'autorité est exercée par un *amin*, choisi à l'élection et à tour de rôle dans chaque kharouba. Ce chef est chargé de veiller à l'exécution des lois écrites classées sous le nom de *kanoun*, et qui ne sont que l'énoncé des coutumes en usage de temps immémorial dans la Kabylie.

L'amin ne peut prendre aucune décision ni frapper aucune amende sans la réunion (*djemâa*) de ses adjoints ou dhamans toujours pris parmi les notables. Cette assemblée choisit un secrétaire (*khodja*) chargé de tenir à jour le registre des délibérations du tribunal et de faire toute la correspondance avec l'autorité française. Ces fonctions de khodja sont rémunérées par des rétributions en figues, olives, etc., etc.

Le commandement de la tribu est donné par l'autorité française à un *amin el oumena* (amin des amins), qui a pour fonction principale la surveillance de sa tribu au point de vue de l'ordre public : il ne doit s'immiscer en rien dans les affaires des villages, qui se gouvernent chacun suivant son kanoun.

Chaque village est divisé en deux partis ou *soff*, qui sont généralement ennemis héréditaires. On comprend facilement à quelles extrémités regrettables pour la tranquillité publique en arrivaient ces voisins irréconciliables, quand leurs intérêts se trouvaient en jeu.

Les élections étaient une source constante de troubles; les armes à feu se mettaient de la partie, et, pour me servir d'une expression locale, la poudre parlait.

La disposition des villages, dont les constructions se dominent presque toujours les unes les autres, rendait ces rixes sanglantes. Quelques maisons élevées étaient crénelées, les autres seulement percées de meurtrières, et la *djamâa* (mosquée) devenait, en raison de l'importance militaire de son premier étage, une véritable forteresse dont l'occupation assurait le succès.

La djemâa possède une caisse municipale laissée entre les mains d'un *oukil* (homme d'affaires, gérant, tuteur).

Cette caisse est alimentée par les amendes qu'infligent le conseil municipal et l'autorité indigène, et par les droits perçus pour les naissances, les mariages et les décès.

Aucune mesure n'agit plus efficacement sur les Kabyles, pour les amener à capituler en 1857, que la promesse de respecter leurs coutumes et leurs élections communales.

Nous y trouvions notre intérêt, parce que la défense du pays les avait tous réunis dans une même cause, et que les divisions intestines devaient servir plus tard à la consolidation de notre conquête, jusqu'à ce qu'une connaissance plus approfondie de la contrée nous permît de diriger ces élections pour amener la pacification complète du pays, tout en laissant en apparence l'honneur du résultat aux Kabyles.

TYPE PHYSIQUE.

Mes recherches sur le type physique des Kabyles comprennent la physionomie et les dimensions principales de la tête, la taille et les proportions des extrémités, la couleur de la peau et la chevelure.

Les têtes de ces habitants du massif djurjurien, presque toutes rasées, excepté, pour quelques-unes, une touffe de cheveux au sommet, me permirent des mensurations devant offrir la différence la plus atténuée des mêmes mesures prises sur les crânes osseux. L'épaisseur des téguments est, dans notre calcul, une constante pour chaque sujet.

Cheveux. — Les cheveux, sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir plus longuement dans le courant de cette étude, sont ordinairement rasés ou tenus très-courts; quelques Kabyles portent cependant au sommet de la tête une mèche qui, suivant la tradition, doit servir au prophète Mohammed pour les saisir et les transporter dans le séjour des bienheureux.

Rencontrant souvent des Kabyles tête nue, même au soleil, surtout lorsqu'ils viennent de la faire raser, on se rend difficilement compte qu'ils puissent agir ainsi sans que la plupart soient atteints d'insolations. Toutefois, pendant la moisson ils se couvrent d'un énorme chapeau de paille.

Il y a peu de chauves, et, s'ils se dénudent, c'est généralement le front qui se dégarnit et empiète sur la partie supérieure, dont la limite des cheveux forme plusieurs pointes; celle du milieu est souvent un angle très-aigu.

Front. — Le front, presque toujours vertical, est souvent haut, bien que fuyant légèrement vers le sommet, qui est relativement élevé dans sa partie postérieure. Son diamètre transversal est grand et les rides sont fréquentes.

Sourcils. — Les sourcils, horizontaux, fournis, tendant quelquefois à se rejoindre, sont bien dessinés et de couleur foncée.

Yeux. — Les yeux, intelligents, souvent petits et enfoncés, sont généralement bruns; j'en ai cependant vu dans toutes les nuances du bleu jusqu'à la moins teintée, accompagnant des cheveux blonds.

Dans les réunions nombreuses, j'ai remarqué beaucoup d'yeux à nuances claires, souvent très-couverts par des cils et des sourcils roux ou noirs; l'iris est bleu, gris ou jaunâtre. Avec ces teintes et un nez un peu descendu, la physionomie prend vite un aspect de dureté.

Nez. — Le nez, courbe, fréquemment étroit et saillant, affecte deux formes distinctes : ou la dépression de la racine est allongée et peu profonde, alors la saillie de la pointe est plus prononcée; ou la dépression de la racine est profonde et courte, dans ce cas le nez est busqué d'une manière régulière.

La première forme est la plus commune; j'en ai été frappé dans un grand rassemblement d'hommes. Pas de prognathisme; belles et bonnes dents : le rire et la volubilité de la parole en montrent souvent la régularité et la blancheur.

Moustaches. — Les moustaches, faibles et rares, ne forment souvent qu'un mince filet égalisé au rasoir par-dessus, et

Bouche. — La bouche est large, légèrement entr'ouverte, fendue horizontalement; la lèvre supérieure est droite, l'inférieure un peu épaisse et bleuâtre; sa limite est courbe, sans inflexion médiane.

Menton. — Le menton, bien fait, souvent saillant, presque toujours découvert, n'est que limité par le poil, dont il pousse rarement plus d'une touffe, peu fournie, et seulement au-dessous de la lèvre inférieure.

Barbe. — La barbe, claire chez les Kabyles, est rousse ou blonde, quoique les cheveux soient châtains ou noirs. Les favoris sont rares et tenus très-courts, s'ils existent, étant façonnés de manière à dessiner une attache très-mince et souvent distante de l'oreille.

Oreille. — L'oreille, assez bien faite, est très-détachée, charnue et longue, bien bordée, à lobule gros et arrondi. Le bord supérieur s'incline en bas sous le poids de la *chachia* qui l'y appuie, et aussi parce que, pour entendre et écouter, les Kabyles relèvent fréquemment le capuchon derrière l'oreille.

Ensemble de la figure. — Les contours de la figure représentent un ovale plus large en haut qu'en bas : celle-ci paraît courte des sourcils au menton, à cause de sa largeur aux tempes. Le profil a bien plus de caractère que la face, qui est souvent très-irrégulière; la tête manque aussi de symétrie : cette particularité est très-sensible dans l'une des boîtes osseuses que j'ai rapportées.

Cou. — Le cou, généralement fort, paraît très-long, le sterno-cléido-mastoïdien surtout.

Épaules. — Les épaules sont un peu tombantes, parce qu'elles sont toujours serrées par un ou plusieurs burnous, dont le poids et la forme gêneraient beaucoup un Européen; j'en ai fait l'épreuve à cheval, c'est une pression insupportable. Ils tournent l'ouverture du burnous à droite pour se servir du bras droit, qui, toujours nu, est souvent plus fort que l'autre. Cette remarque doit se faire davantage sur les nomades de l'Afrique que sur les Kabyles dont nous parlons, et qui, s'occupant beaucoup d'agriculture, se servent très-adroitement de leurs deux bras et ne se vêtent, pour ces travaux, que d'une chemise de laine ou de cotonnade sans manches. Pour les moissons, ils complètent ce costume par le chapeau à larges bords dont nous avons parlé et par un tablier de cuir semblable en tous points à celui de nos forgerons.

Mains. — Les Kabyles n'ont pas les mains très-fortes. Ceux qui fabriquent des armes et des bijoux se servent d'un outillage très-simple qu'ils manient avec beaucoup de dextérité. Les ongles sont bombés ; ils les taillent fort souvent en pointe dans le seul but de pouvoir, dans une rixe, pratiquer de profondes entailles sur la figure de leurs adversaires.

Les Arabes sont moins adroits que les Kabyles.

Poitrine. — La poitrine est bien faite, le thorax large, les seins écartés, et le corps, proportionné, a les muscles secs et résistants.

Jambes. — Les jambes sont droites et fortes, les attaches fines, les mollets robustes et bien dessinés. A côté du Kabyle, l'Arabe a la jambe maigre et nerveuse seulement. Le premier marche, travaille la terre et jardine beaucoup; le second se tient paresseusement à cheval ou constamment accroupi à terre, son pied est plus petit et mieux fait.

Il y a peu de distance des malléoles à terre. La peau de feux de charbons.

Pieds. — Les pieds du Kabyle paraissent plats, les orteils s'ouvrent en éventail : on dirait qu'ils se cramponnent à chaque pas, et les cinq orteils s'appuient en même temps jusqu'aux ongles, dont le sol porte la trace.

Ce peu de cambrure m'étonna chez des gens qui font de longues courses dans les montagnes, descendant et gravissant des pentes très-roides. Craignant d'être trompé par une appréciation trop superficielle, je fis, pour confirmer mon jugement, l'expérience suivante : La route étant recouverte d'un sable, fin et humide ne laissait perdre aucune trace; je résolus d'utiliser cette circonstance qui m'était facilement offerte pour corroborer mon observation d'adhérence d'une grande surface de la plante du pied sur le sol. Dans ce but, je me postai, le matin d'un jour de marché des Beni-Raten, à un endroit du chemin, large d'environ 8 mètres, par lequel tous les indigènes devaient passer, puisqu'il a été pris dans le rocher et qu'un précipice le limite.

J'avais eu soin de faire légèrement damer le terrain sur une longueur de 8 mètres, ayant ainsi un plateau sur lequel je pouvais faire marcher les douze premiers Kabyles qui se présentèrent non chargés de fardeaux.

Un Français, dont le pied était très-cambré, me donna une empreinte qui devait servir de terme de comparaison. Le pied cambré ne laisse pas de trace dans son milieu ou à peine celle du bord extérieur, tandis que le pied du Kabyle imprime sur le sable une empreinte large qui par son bord externe joint le métatarse au talon.

Toutes les traces relevées et la comparaison faite, j'étais autorisé à donner mon observation comme rigoureuse, et je puis même dire comme générale, puisque, excepté pour les travaux des champs et pendant l'hiver où le Kabyle porte une façon d'espadrille très-lâchement lacée et confectionnée de la peau d'un bœuf fraîchement écorché, on ne voit jamais ces montagnards que pieds nus.

Je n'ai pas vu de Kabyles gras ; on rencontre cependant quelques chefs jouissant d'un certain embonpoint qu'ils doivent à l'oisiveté, et cela est une rare exception.

Coloration de la peau. — J'arrive à une question qui sera toujours bien difficile à résoudre : je veux parler de la coloration de la peau ; car non-seulement le climat, mais l'habitation dans la plaine et dans la montagne, ainsi que la saison, influent sur le même sujet en amenant son teint successivement du brun pâle au rouge cuivré. J'ai passé moi-même par ces influences, sans en excepter une teinte olivâtre que j'ai conservée pendant quelques mois après mon retour de l'Asie. Les indigènes subissent comme nous les mêmes influences.

Les Kabyles, peu vêtus pour le travail, sont durs aux intempéries; leur peau, épaisse, a la même nuance de la tête aux pieds. Ils vivent beaucoup à l'air, quoique ayant des maisons pour se loger et s'abriter. Leur teint est bistré du clair au presque brun : la nuance la plus foncée se trouve chez ceux qui habitent les pentes du Djurjura les plus exposées aux vents et pour lesquels l'hiver est très-rigoureux. Rarement ils sont aussi foncés cependant que les Arabes, qui approchent quelquefois du brun noirâtre. L'enfant à sa naissance est d'un blanc sale; il ne tarde pas à se colorer, vivant nu et sans beaucoup de soins : aussi la mortalité est-elle assez forte jusqu'à l'âge de cinq ans.

Taille. — Pour la taille des Kabyles, la moyenne calculée sur soixante individus prouve qu'elle s'accorde assez avec la moyenne générale, et surpasse un peu celle de nos chasseurs à cheval de la garde, qui est de 1679 à 1683 millimètres (docteur Allaire), tandis que celle des Kabyles atteint 1690 millimètres; de plus on constate que les individus au-dessous de la taille moyenne sont moins nombreux que ceux qui la surpassent, s'il nous est permis d'établir une conclusion sur un chiffre aussi minime.

Il résulte un autre fait qui offre quelque intérêt, à savoir, que le volume de la tête n'est guère en rapport avec la hauteur de la taille. En effet, les plus grosses têtes appartiennent à des individus petits, et la plus petite se trouve celle d'un homme dont la taille surpasse la moyenne.

L'oscillation du volume de la tête autour de la taille moyenne suit, par conséquent, ici un ordre inverse.

CARACTÈRE, COUTUMES, POPULATION, HABITATIONS, MŒURS.

Le Kabyle possède au plus haut point l'amour du sol sur lequel il est né; il le défend avec vigueur, et ne cédera jamais sans avoir eu sa journée de poudre. S'il est le plus faible, après cette protestation armée, il considérera l'honneur comme sauf et mettra momentanément bas les armes. Nous retrouvons, dans une poésie locale, ce sentiment qui les pousse à la défense du pays exprimé par un chant vigoureux et hardi, où les jeunes filles excitent les jeunes gens à la guerre par les paroles suivantes : « S'il veut être aimé des femmes, qu'il marche avec les balles, qu'il donne sa joue à la crosse de son fusil, et il pourra crier alors : A moi, jeunes filles! » Ce à quoi les hommes répondent : « Vous faites bien de nous aimer, jeunes filles. Dieu nous envoie la guerre, nous mourrons, et il vous restera au moins le souvenir du bonheur que vous nous aurez donné!... »

Tous les Kabyles obéissent à une loi générale, ou code démocratique du Berbère, qui a nom *kanoun*, et dont le but de haute moralité est généralement atteint par le respect qui est acquis à ses prescriptions. La peine du talion et les représailles de la vengeance y rappellent les civilisations primitives et à peine ébauchées, et aussi les grands devoirs de l'hospitalité que le Kabyle pratique sans ostentation, offrant ce que sa maison renferme, sans jamais manifester le désir de voir abréger le séjour de l'hôte souvent donné par le hasard, et dont il accepte la responsabilité.

Le *kanoun*, dont le principe est le même pour toute la Kabylie, se modifie non-seulement dans les différentes tribus, mais encore s'augmente ou se simplifie dans tel ou tel village. J'ai parlé, au commencement de ce travail, à propos de la société kabyle, des différents fonctionnaires nommés à l'élection, qui sont chargés d'appliquer la loi suivant les coutumes et les habitudes locales. Je n'entrerai pas dans plus de détails à ce sujet, cela me ferait sortir du cadre que je me suis tracé; je citerai seulement, pour n'y plus revenir, la coutume de l'*anaya*, ou sauf-conduit, qui consiste en un gage assurant la protection et l'hospitalité partout. La *tousia*, ou corvée pour utilité générale, à laquelle tout homme valide est obligé d'apporter son concours. L'*ouzia*, ou distribution générale de viande, dont on prélève l'achat sur la caisse des amendes, et à laquelle participent numériquement tous les habitants, même l'enfant né le jour de cette distribution.

Les détails de ces différentes coutumes se retrouvent ch les auteurs décrivant la Kabylie, surtout depuis 185 année de la conquête, qui permit d'avoir des renseignemen certains sur l'installation et l'autorité des marabouts, ain que les zaouïas ou écoles qu'ils dirigent.

La Kabylie est très-habitée, on n'y perd pas un pouce d terrain cultivable. J'ai sous les yeux un document statistiqu fait à Dellys vers 1863, qui établit une comparaison entre l population spécifique de la France et celle du Djurjura, d'où i résulte que la première serait de 69,27 habitants par kilomè tre carré, et les Kabyles atteindraient, dans les mêmes don nées, 77,17.

Parmi nos départements français, dix-huit seulement offren une population égalant celle des Kabyles.

Les Hautes-Alpes, les Basses-Alpes et la Lozère en ont trois fois moins. La Kabylie dépasse de deux fois et demie celle de la Corse et des Landes; de deux fois seulement celle du Cantal, de l'Indre et de la Haute-Marne.

Une agglomération aussi dense est préjudiciable aux habitants, surtout si l'on considère combien ils négligent les soins les plus élémentaires de l'hygiène.

Les rues, les cours et les maisons sont de véritables cloaques; on s'étonne que les épidémies et le typhus n'y soient pas en permanence.

Les ophthalmies sont nombreuses. Dans les maisons, la fumée ne trouve d'issue que par les fissures du toit; la suie, accumulée partout, noircit les murs et couvre les ustensiles.

Hommes et femmes sont d'une malpropreté révoltante: il n'y a pas un établissement de bains dans toute la Kabylie; les enfants, presque nus, s'élèvent sans aucun soin : aussi la mortalité est-elle assez grande pendant l'allaitement, qui dure longtemps, deux ans, deux ans et demi, et même plus.

Pour les filles, la puberté arrive vers douze ou treize ans; il est rare que la femme devienne mère avant seize ans. Elle jouit en Kabylie de bien plus de liberté que la femme arabe, ne se voile pas la face, et, quoique la polygamie soit dans la religion, l'époux en profite rarement pour lui donner une rivale. Le divorce est assez fréquent.

Le Kabyle a pour qualités d'être laborieux, industrieux, hospitalier; de respecter la loi, tout en ayant le caractère indépendant et observateur. Mais ses défauts sont nombreux : il est rancunier, querelleur et avare; dans les disputes individuelles, les hommes se mordent et se déchirent la figure à coups d'ongles. Chaque village a deux camps; souvent, pour s'entendre, ils ont recours aux yatagans et aux fusils. Ces luttes sont prévues, car un terrain leur est consacré; la coutume est de s'y rendre. Cette vie pêle-mêle dans les habitations est peu morale pour des enfants: aussi la masturbation est-elle commune chez les deux sexes; la pédérastie s'y rencontre souvent, ainsi que la bestialité. Ce qui prouve la fréquence de ce délit, c'est que chaque village lui inflige une amende dans sa loi (1).....

E. DUHOUSSET.

(1) M. le commandant Duhousset a présenté à la Société d'anthropologie une série de crânes recueillis par lui, dont il a fait une analyse très-détaillée, ainsi que des mesures prises sur la tête et la taille de 74 Kabyles.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 20 — 18 AVRIL 1868

SOIRÉES SCIENTIFIQUES DE LA SORBONNE.

M. LORY.

Les Montagnes.

Mesdames, Messieurs,

Un fait, connu depuis très-longtemps, domine toutes les théories émises dès l'antiquité sur la structure et l'origine des montagnes. Ce fait, c'est la présence de coquilles marines, de restes et d'empreintes d'animaux marins, sur de très-hautes montagnes, non point seulement à leur surface, mais dans les entrailles mêmes de leur sol. Nous connaissons aujourd'hui beaucoup de ces gisements de fossiles marins à plus de 3000 mètres au-dessus de la mer dans les Pyrénées et dans les Alpes, à 5000 mètres et plus dans les Andes et dans l'Himalaya ; et il en existe sans doute de plus élevés. Il faut en conclure que le sol des montagnes, aussi bien que celui des plaines, a été, en partie du moins, formé sous les eaux de la mer. C'est la doctrine qu'Ovide met dans la bouche du vieux maître de la science grecque, Pythagore : « J'ai vu, *dit-il*, les terres faites de l'ancien fond de la mer et les coquilles marines gisant bien loin de l'Océan. » Et de là deux explications divergentes : les uns supposant un abaissement graduel des eaux de la mer, depuis les sommets des plus hautes montagnes jusque dans son lit actuel ; tandis que d'autres, plus observateurs et comprenant mieux les lois de la physique terrestre, Strabon entre autres, concluaient à des mouvements partiels du sol, dont certaines parties se seraient élevées, d'autres affaissées, par rapport au niveau de la mer.

Cette dernière explication aurait bien plus tôt prévalu, si les anciens avaient porté leur attention sur un fait, bien frappant cependant et d'une observation encore plus générale. Dans les pays plats ou peu accidentés, c'est-à-dire sur la majeure partie de la surface des continents, les matériaux du sol sont en général disposés par bancs, par couches à peu près horizontales, que l'on retrouve, à des niveaux correspondants, sur de vastes étendues. La structure de ces couches démontre, vous le savez, qu'elles ont été formées par sédiment, par des dépôts successifs au sein des eaux ; la présence fréquente de corps organisés fossiles confirme cette origine, et permet en outre de distinguer des dépôts formés dans des eaux douces, et d'autres, bien plus étendus et plus épais, formés dans les eaux de la mer. Vous savez tous que telle est la constitution de ce vaste ensemble de plaines et de plateaux qui comprennent tout le nord de la France, dans un rayon de 60 lieues environ autour de Paris, et forment ce qu'on appelle le bassin de Paris. Les innombrables tranchées ouvertes dans ce sol, et surtout celles des chemins de fer, nous ont familiarisés avec cette stratification régulière, horizontale des terrains de sédiment, qui représente évidemment la position normale dans laquelle leurs couches ont dû se former, par dépôts successifs.

Dans d'autres pays, au contraire, et particulièrement dans les montagnes, les éléments du sol présentent des allures toutes différentes. La plus grande partie des roches qui entrent dans la constitution des chaînes de montagnes se montre encore disposées en couches régulières, groupées parallèlement entre elles. Mais ces couches sont inclinées, souvent même verticales, contournées, plissées, d'autres fois brusquement interrompues et se retrouvant par lambeaux à des hauteurs et dans des positions extrêmement différentes. Cependant ces couches offrent aussi des preuves évidentes de leur formation par dépôt au sein des eaux : elles renferment souvent, comme les couches horizontales, des cailloux roulés, des coquilles marines ou plus rarement d'eau douce, des empreintes délicates de poissons, de plantes, etc. Dans les couches horizontales, toutes ces matières sont placées horizontalement, dans la position qu'elles ont dû prendre par un dépôt lent et tranquille ; dans les couches inclinées, elles sont inclinées comme ces couches mêmes ; et si celles-ci deviennent verticales, les galets, les fossiles de forme plate ou allongée ont leur plus grande section verticale, les empreintes d'animaux ou de plantes se trouvent plaquées verticalement. Il est évident que ces galets, ces divers fossiles, n'ont pas pu se déposer dans une telle situation : les couches qui les renferment ne sont plus dans leur position originelle ; elles ont dû être formées horizontalement, et si elles sont inclinées, contournées, brisées, on doit l'attribuer à des mouvements du sol, à des dislocations postérieures à leur dépôt. Et du moment que ce fait est démontré pour certaines couches, il l'est, par là même, pour les couches parallèles entre lesquelles celles-là se trouvent comprises.

C'est là le premier principe de la théorie des montagnes, principe qui a dû paraître évident à tous ceux d'entre vous qui ont vu ces couches inclinées ou contournées dont les coupes se dessinent d'une manière si frappante dans les escarpements de toutes les grandes montagnes ; il est difficile de comprendre comment il a été si longtemps contesté, et qu'à la fin du siècle dernier, le grand explorateur des Alpes, de Saussure, ait dû se le démontrer à lui-même par les observations que nous venons d'indiquer, avant de le faire définitivement accepter dans la science.

Ces couches redressées, rompues, plissées, sont les éléments généraux de la structure des montagnes. Les montagnes, vous

droite, qu'on appelle chaînes de montagnes. Une chaîne simple résulte d'un ensemble de masses minérales affectées par une même dislocation, un même mouvement, et la direction de la chaîne a été déterminée par celle de cette dislocation. Les couches inclinées plongent alors vers l'une ou l'autre, ou vers les deux parties de l'horizon que regardent les deux versants; et si, au contraire, on les voit tranchées dans le sens de la longueur de la chaîne, leurs tranches paraissent horizontales, ou seulement ondulées. En d'autres termes, la direction de la chaîne coïncide généralement avec ce qu'on appelle la *direction* des couches inclinées, c'est-à-dire l'orientation d'une ligne horizontale que l'on tracerait sur leur surface inclinée. Dans une même chaîne, l'inclinaison des couches peut éprouver les variations les plus brusques, les plus imprévues, tandis que leur direction reste sensiblement constante, ou varie d'une manière régulière, graduelle, avec celle de la chaîne elle-même.

Un système complexe de montagnes, comme les Pyrénées ou les Alpes, se compose d'un plus ou moins grand nombre de chaînes simples, groupées dans le sens de l'allongement général du système. Ces traits longitudinaux se combinent avec des coupures transversales, souvent très-profondes et à parois plus ou moins abruptes, par lesquelles s'écoulent les rivières, et qui sont aussi les voies naturelles pour remonter vers les chaînes centrales et en franchir les cols. L'importance relative de ces deux ordres d'accidents varie beaucoup dans les divers groupes de montagnes et imprime à chacun d'eux un cachet spécial.

Dans le Jura, par exemple, les traits longitudinaux dominent complétement, et les accidents transversaux se réduisent à d'étroites coupures appelées *cluses*, comme autant de coups de hache, n'entamant le plus souvent qu'une seule chaîne, et par lesquelles on passe d'une vallée dans une autre. Dans les Alpes, les *cluses* deviennent de grandes vallées transversales qui traversent à la fois plusieurs chaînes, réunissent les vallées longitudinales, et pénètrent, à partir des deux versants, souvent jusqu'au delà de la ligne médiane du système. De là résulte la facilité d'établir de grandes voies de communication jusqu'au centre de ces montagnes, de les franchir par des cols très-bas relativement à leur hauteur, et bientôt on les traversera en chemin de fer, sur plusieurs points, moyennant des tunnels de quelques kilomètres. Enfin les Pyrénées, quoique bien moins larges, offrent une constitution plus massive, où les vallées longitudinales sont très-peu accusées, et les coupures transversales, très-nombreuses, ne sont en définitive que de grands et profonds ravins descendant de la chaîne centrale, mais ne l'entamant pas notablement; aussi les cols sont rares et plus élevés que ceux des Alpes : ce ne sont que de minimes échancrures de l'arête centrale.

C'est dans ces coupures transversales, sur leurs parois plus ou moins abruptes, que se dessinent nettement la disposition des masses minérales, les inflexions et les ruptures des couches : elles fournissent les éléments de *profils en travers*, par lesquels nous pouvons représenter la structure des montagnes, absolument comme on représente l'architecture d'un édifice par des coupes verticales convenablement dirigées. Ces profils ne sont pas des vues pittoresques : ils doivent représenter la structure géologique et non les mille petits accidents ble, et pour cela il est indispensable d'y adopter la même échelle pour les hauteurs que pour les distances horizontal[es]. Si, dans certaines coupes générales d'une grande étendue, [on] se trouve à peu près forcé de s'écarter de cette règle, il fa[ut] se rappeler qu'en figurant les distances horizontales à u[ne] échelle moindre que celle des hauteurs, on altère profond[é]ment les formes du terrain; les pentes du sol superficiel [et] les inclinaisons des couches sont exagérées et les épaisseu[rs] respectives des couches se trouvent modifiées de mêm[e], suivant qu'elles sont fortement inclinées ou à peu pr[ès] horizontales. Dans presque toutes les coupes géologiques qu[e] je vais mettre sous vos yeux, on a observé les rapports entr[e] les dimensions, et, par conséquent, elles représentent exac[]tement les profils extérieurs des montagnes, les pentes d[e] leur surface et les inclinaisons de leurs couches.

Pour vous montrer immédiatement un exemple qui donne une idée nette de la constitution des montagnes, nous entrerons brusquement dans les Alpes, par une grande coupure transversale, qui est une des voies les plus fréquentées des touristes du monde entier, la route de Genève à Chamounix, et nous nous arrêterons à Servoz, en face du colossal escarpement de la montagne des Fiz (fig. 101), d'où descendit, en 1751, un des éboulements les plus considérables observés dans les temps modernes. Cette montagne nous offre une coupe naturelle des plus claires et unique peut-être, en ce qu'elle embrasse toute la série des terrains des Alpes. La seule inspection de cette magnifique tranchée montre, sur une épaisseur de près de 1800 mètres, une succession régulière de couches superposées; et de loin même on reconnaît nettement que ces couches se groupent en étages distincts, formant autant de gradins de caractères différents. Dans plusieurs de ces étages, on trouve des fossiles, des coquilles marines; et si je vous mets dès l'abord en présence de cette montagne, c'est qu'elle doit rester célèbre dans l'histoire de la science comme ayant fourni une des preuves les plus frappantes du principe fondamental de la géologie moderne, la reconnaissance des terrains et de leurs époques relatives de formation par les fossiles qu'ils renferment. Il y a cinquante ans, l'illustre collaborateur de Cuvier dans la *Description minéralogique des environs de Paris*, Alexandre Brongniart, constatait que la petite couche de grès d'un vert foncé qui figure dans cette coupe sous le n° 7 contenait de nombreux fossiles identiques avec ceux qui se rencontrent, au-dessous de la craie, dans le *grès vert* ou *gault* de l'Yonne, de l'Aube et de toute la bordure orientale du bassin de Paris, dans ce même *grès vert* où on les a trouvés depuis, sous Paris même, à 500 mètres de profondeur, au fond du puits de Grenelle. Par une de ces intuitions qui ouvrent des horizons nouveaux dans la science, Brongniart en conclut la formation simultanée de ces dépôts dans une même mer, en d'autres termes l'existence du terrain crétacé dans les Alpes. Brongniart ne connut pas, dans cette même montagne, d'autres fossiles qui se trouvent dans les couches plus élevées, n° 9; mais il les étudia dans une localité située un peu plus au nord, sur le prolongement direct de la même chaîne, à 3000 mètres d'altitude, sur la montagne des Diablerets, dans le canton de Vaud : il y reconnut des espèces identiques avec celles des terrains tertiaires des environs immédiats de Paris, et il n'hésita pas à en conclure que ces dépôts de l'une des dernières périodes

ologiques, constatés jusque-là seulement dans des pays de plaines, se retrouvaient jusque sur les sommités de ces Alpes, que les opinions courantes dans l'ancienne géologie tendaient à regarder comme une œuvre chaotique des temps les plus reculés de l'histoire du globe. C'est ainsi par l'étude des pays de plaines, surtout par la connaissance des lois de la distribution des fossiles dans la série normale de leurs couches, que la géologie des grandes montagnes a été subitement éclairée, et elle doit à des géologues du bassin de Paris ou des coteaux de l'Angleterre des lumières que l'on ne pouvait pas même entrevoir à travers les immenses travaux poursuivis par tous les grands géologues minéralogistes de la période antérieure à 1820.

Dans cette coupe de la montagne des Fiz, nous embrassons d'un seul coup d'œil, dans une même tranchée naturelle, une série de terrains exactement correspondante à celle que l'on traverse en allant de Paris au plateau central de la France par Auxerre, Nevers et les houillères de l'Allier. Les grès n° 2 qui en forment la base renferment des couches de charbon (anthracite) et des empreintes de plantes fossiles identiques avec celles que l'on rencontre dans les gisements de houille les mieux connus; et ces *grès houillers* reposent immédiatement, comme dans la plupart des localités du centre de la France, sur l'ensemble des roches cristallines sans fossiles auxquelles on applique vulgairement le nom de terrains *primitifs*.

Cet exemple nous montre que le sol des montagnes est constitué des mêmes éléments que le sol des pays plats ou peu accidentés; on y retrouve la même série de dépôts, de terrains, et les mêmes lois de distribution des fossiles caractéristiques de chacun d'eux. Par conséquent, les faits reconnus dans la succession des couches qui ont conservé leur position normale doivent servir de règle et de points de repère, pour reconnaître les bouleversements éprouvés par les lambeaux disloqués de ces mêmes terrains, bouleversements dont rien ne peut faire prévoir à priori l'étendue et la complication.

Ces données nous conduisent immédiatement à une recherche des plus intéressantes, celle des époques relatives auxquelles ont eu lieu les dislocations qui ont façonné les diverses chaînes de montagnes; étude grandiose et féconde, élevée tout de suite à la plus haute valeur scientifique par les travaux de M. Élie de Beaumont.

Dans tous les groupes de montagnes, l'observation fait reconnaître une série de terrains qui tantôt se borne à des formations plus ou moins anciennes, tantôt remonte jusqu'à des périodes géologiques plus récentes; et tous ces terrains sont bouleversés, ont pris part au moins aux dernières commotions qui ont donné au système sa configuration actuelle.

D'autre part, dans les plaines situées au pied de ces chaînes, on distingue, en général, des terrains plus récents, qui sont en couches horizontales, et viennent ainsi se terminer, en stratification discordante, contre leurs masses disloquées. Cette disposition indique que ces couches se sont déposées dans des mers ou des lacs dont ces montagnes bordaient le rivage, et seulement après la dernière dislocation : l'époque de celle-ci se trouve, par conséquent, délimitée entre la formation des dernières couches bouleversées qui entrent dans la structure des montagnes et celle des premières couches restées horizontales, à leur pied, dans la plaine. Or, très-souvent il arrive que ces deux ordres de couches appartiennent à deux âges géologiques immédiatement consécutifs et qu'ils se trouvent superposés l'un à l'autre dans le sol de la plaine, où ils se lient par une continuité de dépôt. L'époque de la dislocation se trouve alors déterminée aussi nettement que possible dans la série des temps géologiques.

Indiquons-en seulement quelques exemples remarquables.

La coupe que j'ai mise sous vos yeux nous a montré le terrain tertiaire inférieur relevé jusqu'au sommet d'une chaîne déjà assez avancée à l'intérieur des Alpes. Mais dans les chaînes plus extérieures nous trouverions un terrain plus récent encore, celui de la *mollasse*, comprenant surtout une formation marine qui correspond aux derniers dépôts marins du bassin de Paris, à ces bancs de coquilles qu'on appelle les *faluns* de la Touraine. Ce terrain de *mollasse* a participé à toutes les dislocations des premières chaînes des Alpes, en Dauphiné, en Savoie, en Suisse, etc. Nous le voyons redressé et emporté par lambeaux jusque dans les replis les plus élevés des montagnes de la Chartreuse (fig. 102); il forme les premiers chaînons des Alpes suisses, par exemple la chaîne [illegible] du Rigi, sur le lac de Lucerne, où ses couches sont [illegible] redressées, parfois même verticales. Les dernières [illegible] qui ont façonné les Alpes sont donc très récentes [illegible] ment parlant, et postérieures au dépôt de la moll[illegible]

Les Pyrénées remontent à une époque [illegible] cienne. Le terrain de la mollasse, le terrain [illegible]

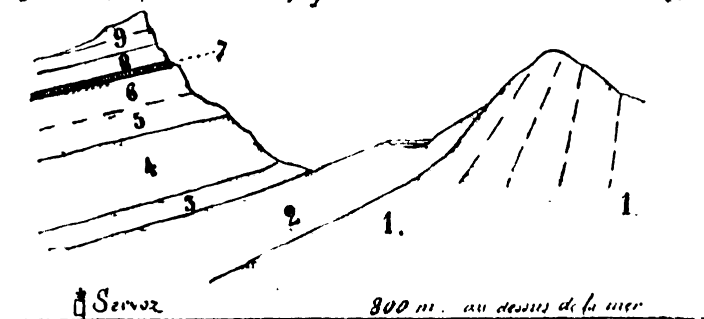


Fig. 101. — Profil géologique de la montagne des Fiz (Haute-Savoie), d'après M. Alph. Favre (*Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, etc., voisines du Mont-Blanc*, Paris, 1867). — Échelle, $\frac{1}{40000}$.

1, schistes cristallins primaires; 2, terrain houiller (grès à anthracite); 3, trias; 4, terrain jurassique; 5 et 6, terrain néocomien; 7, gault; 8, craie; 9, terrain tertiaire inférieur (calcaire à nummulites et grès).

s'étend seulement à leur pied, en couches presque toujours horizontales, dans les plaines de l'Aquitaine. Mais le terrain tertiaire inférieur, qui est immédiatement au-dessous dans le sol de ces plaines, se redresse en couches bouleversées, avec les terrains plus anciens, dans les premiers chaînons pyrénéens, et nous en retrouvons des lambeaux disloqués sur les plus hautes sommités du groupe du Mont-Perdu (3351 mètres), où ils reposent sur les assises calcaires du terrain de la *craie*, qui forment les magnifiques escarpements du cirque de Gavarnie. Le relief des Pyrénées a donc été produit *après* le dépôt de ces couches tertiaires inférieures et *avant* celui des terrains tertiaires moyens déposés à leur pied, sur l'emplacement actuel de la plaine.

Les Vosges appartiennent à une époque géologique beaucoup plus reculée. Le dernier terrain que l'on y rencontre est un grand dépôt de grès, le *grès vosgien*, dont les masses disloquées recouvrent les sommets d'une grande partie de ces montagnes. D'autre part, ce même grès vosgien se trouve dans le sol de la Lorraine et de l'Alsace, en couches horizontales, recouvert immédiatement, sans discontinuité apparente, par les dépôts du grès bigarré et des autres étages du *trias* et du terrain jurassique, qui se sont formés en bordure autour de l'île des Vosges : la configuration actuelle de celles-ci résulte donc de dislocations qui ont eu lieu après le dépôt du grès vosgien et avant celui du grès bigarré et des autres terrains de la Lorraine et de l'Alsace.

Il serait facile de citer de nombreux exemples de chaînes et de dislocations plus anciennes encore. Mais les reliefs qui remontent à ces bouleversements d'âges très-reculés sont, en général, de moins en moins saillants : les plateaux de l'Ardenne, les humbles collines de la Bretagne, les petites montagnes du pays de Galles, sont des exemples de ces parties de nos continents anciennement bouleversées, mais arrivées dès longtemps à une configuration stable. Le relief de ces anciennes montagnes a été souvent corrodé, effacé par diverses causes de dénudation : souvent même par suite de grandes oscillations du sol, d'affaissements en masse, elles ont été déprimées sous les eaux de la mer, avec les plaines environnantes, et cette invasion de l'Océan a contribué, plus que toute autre cause, à raser, à niveler leurs aspérités. De nouveaux dépôts en couches horizontales se sont étendus sur les tranches des anciennes couches bouleversées. C'est ainsi qu'une partie du terrain ardoisier de l'Ardenne se cache, aux environs de Mézières, sous les couches horizontales des calcaires jurassiques ; et que les couches extrêmement plissées du terrain houiller, à découvert dans le sud de la Belgique, ont été retrouvées, en suivant le prolongement de leur direction, aux environs de Valenciennes et de Douai, sous une couverture de plus en plus épaisse de craie en couches horizontales.

Essayons maintenant de caractériser d'une manière précise les dislocations qui ont façonné les chaînes de montagnes et le mécanisme de ces dislocations.

J'éviterai de me servir à ce sujet d'un terme très-souvent employé, celui de *soulèvement*. Les anciens géologues, préoccupés surtout de la hauteur des montagnes, de leur saillie au-dessus des plaines, supposaient généralement qu'elles avaient été produites par des poussées de bas en haut, par des forces analogues à celles qui sont en jeu dans les phénomènes volcaniques, la tension ou l'explosion de matières gazeuses, l'éruption de roches massives d'origine ignée, sortant de l'intérieur de la terre. Ces idées, reliées à la théorie de la chaleur interne du globe, dominaient encore il n'y a guère plus de trente ans, et c'est ainsi que le mot *soulèvement* est passé à l'état d'expression usuelle, mais qu'il faut se garder de prendre dans son sens littéral et primitif.

En effet, dans la structure des montagnes, ce n'est pas leur hauteur absolue qui doit le plus nous préoccuper. D'abord nous savons que cette hauteur est extrêmement petite par rapport au rayon du globe : les sommités qui atteignent ou dépassent un millième de ce rayon sont tout à fait exceptionnelles et ne se rencontrent que dans les hautes chaînes de l'Asie centrale et de l'Amérique du Sud. On exagère beaucoup les rugosités de la surface terrestre quand on les compare, comme on le fait communément, à celles de la peau d'une orange ou même à celles de la coquille d'un œuf ; si les montagnes pouvaient être représentées proportionnellement sur une sphère de la grosseur d'une orange, elles y seraient invisibles à l'œil nu et insensibles au toucher.

Non-seulement la hauteur des montagnes est très-petite par rapport au rayon de la terre, mais elle est généralement très-petite par rapport à l'étendue des groupes complexes dont elles font partie. Le caractère essentiel des chaînes de montagnes, celui qui les distingue d'autres aspérités du sol et particulièrement des massifs volcaniques, c'est qu'elles sont des accidents en longueur, suivant des directions déterminées, et non pas rayonnant autour d'un centre, comme le seraient nécessairement les résultats d'une poussée verticale, d'un *soulèvement*, dans le sens littéral du mot.

Les dislocations qui ont produit les chaînes de montagnes se réduisent, en principe, à deux types d'accidents, dans le sens de la direction des chaînes : les *failles* et les *contournements* ou *plissements*.

Une *faille* est une rupture brusque et complète, suivant un plan vertical ou fortement incliné, de part et d'autre duquel les deux parties du sol ont changé de niveau relatif et ont glissé l'une par rapport à l'autre, de sorte que leurs couches ne se correspondent plus et ont éprouvé un *rejet* plus ou moins considérable.

Ce genre d'accidents est extrêmement fréquent, même en dehors des pays de montagnes. Ces fractures, qui s'étendent, suivant une direction à peu près constante, souvent sur dix, vingt lieues ou plus, déterminent la direction de beaucoup de vallées. Dans le bassin de Paris, la Normandie en offre de nombreux exemples : c'est ainsi qu'à Fécamp, le terrain de craie est coupé par une faille qui a produit un rejet, une différence de niveau de 125 mètres entre les couches correspondantes. Les failles sont bien connues aussi dans les exploitations de houille et de gîtes métallifères ; elles interrompent brusquement la continuation des couches ou des filons, et forcent le mineur à remonter ou à descendre d'une quantité plus ou moins considérable, dans le plan de fracture. Le rejet peut varier depuis quelques décimètres jusqu'à plusieurs centaines de mètres, et il ne faut pas croire qu'on en soit toujours prévenu par des différences de niveau correspondantes à la surface du sol. Le plus souvent, en effet, plus encore dans les régions basses que dans les grandes montagnes, il est survenu des dénudations considérables qui ont corrodé principalement les parties saillantes du sol et ont ainsi nivelé des inégalités de plusieurs centaines de mètres. Les failles fournissent même des preuves frappantes de cette grandeur des dénuda-

tions effectuées à la surface de nos continents, surtout pendant les dernières périodes géologiques.

Dans la constitution des massifs montagneux, les failles ont une importance capitale, et leur étendue, les rejets qu'elles produisent sont en proportion des inégalités de relief dont elles sont les traits primordiaux. Il n'est pas rare de suivre une même faille, d'une manière continue, sur vingt, trente lieues et même plus; et quant au rejet, c'est-à-dire à la différence de niveau qui devait exister, avant rupture, entre les couches qu'elle met en contact par leurs tranches, des profils faits exactement indiqueront souvent, par exemple dans le Jura, 500 mètres et plus; dans les Alpes, plusieurs milliers de mètres. Ces énormes déplacements relatifs des grands fragments du sol supposent que les fractures qui les ont séparés sont d'une profondeur bien plus considérable encore.

La structure d'un grand nombre de massifs montagneux se résume en un système de failles. Les Vosges sont formées d'une base de terrains anciens, bouleversés par des dislocations antérieures, sur laquelle s'est étendu un dépôt plus récent, celui du *grès vosgien;* après ce dépôt, le massif a été découpé par des failles orientées vers le nord-nord-est, qui ont donné lieu à des gradins étagés et déterminé leur élévation générale au-dessus de la Lorraine à l'ouest et de l'Alsace à l'est. Les Vosges ont dès lors formé une île, et la mer a déposé autour de cette île, par-dessus le grès vosgien, les couches plus récentes du trias et du terrain jurassique. Les lambeaux du grès vosgien, portés par ces failles à diverses hauteurs, jusqu'à plus de 1000 mètres d'altitude, sont restés presque horizontaux ou très-peu inclinés, et c'est ce qui explique la forme aplatie au sommet, la forme de table, que présentent toutes les montagnes des Vosges sur lesquelles subsiste ce couronnement de grès.

Souvent une série de failles, toutes échelonnées dans le même sens, se combine avec une inclinaison générale des couches vers la partie de l'horizon opposée à celle que regardent les escarpements des failles. Il en résulte une série de crêtes parallèles, séparées par une succession de vallées ou de plateaux étagés, dont le profil imite la disposition des dents d'une scie, et montre à chaque gradin la répétition, au moins partielle, de la même série de couches. Telle est la structure des collines et plateaux qui forment les premiers échelons du Jura, sur le versant français. Si l'on se dirige, par exemple, de Gray vers Pontarlier, en passant un peu au nord de Besançon, on rencontre successivement sept failles, toutes de même sens, leurs escarpements regardant le nord-ouest, tandis que les couches du terrain jurassique inclinent constamment au sud-est. Les trois premières déterminent les vallées de la Saône, de l'Ognon et du Doubs; les suivantes, trois plateaux étagés; et la dernière, continue sur vingt lieues de long, sépare cette région de plateaux de celle des chaînes du haut Jura. Depuis là jusqu'à la plaine suisse, au lac de Neufchâtel, ces chaînes résultent des plissements dont nous allons parler; mais le trait le plus important du relief, la grande vallée du Val-Travers, est encore le résultat d'une faille de même sens que les précédentes.

Ces exemples suffisent, je crois, pour caractériser les failles et leur coordination dans les massifs montagneux. Il est bien évident, d'après cela, que les failles ne sont pas le résultat de soulèvements locaux, de poussées verticales; ces grandes déchirures du sol ne peuvent être que des effets de tension, de tiraillements latéraux, et l'on conçoit très-bien qu'elles doivent surtout se produire vers la limite de deux régions plus ou moins étendues, dont l'une tend à s'affaisser, pendant que l'autre reste immobile ou s'élève. Nous voyons tous les jours se produire, en petit, des déchirements et des dénivellations analogues dans les terres qui *travaillent* et tendent à glisser à la suite des infiltrations pluviales. Nous comprenons aussi dès lors pourquoi les failles s'observent dans les pays de plaines aussi bien que dans les montagnes, et sans que les couches aient cessé d'être à peu près horizontales.

Les plissements ne sont pas moins répandus que les failles. Des contrées faiblement accidentées, telles que la Bretagne, ont les couches de leur sol excessivement plissées; mais il est facile de reconnaître qu'elles ont subi des dénudations profondes, particulièrement lorsqu'elles ont été, depuis leur plissement, tantôt émergées, tantôt affaissées en masse sous les eaux de la mer. Pour comprendre l'influence des plissements dans le relief orographique, il faut les étudier dans des pays où ils ont été mieux conservés. Le type le plus net de ce genre d'accidents se trouve dans le Jura suisse, qui, par suite même de cette régularité de sa structure, est devenu une véritable école de géologie. Une coupe générale traversant le Jura, de l'Alsace à la plaine suisse (à peu près d'Altkirch à Soleure), montre clairement la corrélation de toutes les parties de ce système. Les vallées sont formées par les plis concaves des couches, qui plongent des deux côtés vers l'intérieur : elles sont ce qu'on appelle des vallées *synclinales*. Les chaînes sont constituées par les plis convexes : leur forme la plus simple est celle d'une voûte; mais le plus souvent cette voûte a été rompue, vers le sommet de la courbure, par suite de la tension extrême qu'ont éprouvée les couches extérieures; il en est résulté des déchirures allongées dans le sens de la chaîne, que l'on a comparées ingénieusement à des *boutonnières* ou à des *crevés* sur les plis d'une étoffe. Les lèvres de ces boutonnières sont formées par les couches supérieures, et, dans leur écartement, elles laissent apercevoir, en une *trouée* plus ou moins étendue, les couches des terrains inférieurs.

Les formes qui résultent de là sont très-variées, suivant l'étendue et la profondeur des déchirures, et suivant les résistances inégales que les différentes couches ont opposées aux dégradations ultérieures. Les assises rocheuses, dures, subsistent sous forme d'arêtes ou de remparts abrupts que l'on appelle *crêts*. Les assises tendres, creusées par l'action séculaire des pluies, etc., donnent lieu à des dépressions plus ou moins ravinées qu'on appelle *combes*. Si l'étage supérieur du terrain est massif et résistant, comme c'est le cas dans le Jura suisse, les lèvres de la boutonnière sont abruptes et circonscrivent de toutes parts une cavité que l'on a quelquefois comparée, bien à tort, à un cratère volcanique, et que l'on appelle plus convenablement du nom de *cirque*. Au centre de ce cirque apparaît souvent une voûte du second ordre, formée par la *trouée* d'un étage inférieur.

Si les déchirures ont été très-profondes, elles deviennent les traits prédominants de la configuration du sol. Les plis concaves ou synclinaux n'apparaissent plus que sous forme de vallons étroits, élevés, ou même ils ne sont plus indiqués que par des massifs de couches pliées en U, en V plus ou moins aigus, souvent complétement refermées sur elles-mêmes, comme les feuillets d'un livre ouvert sur une table que l'on vient à refermer en redressant simultanément les deux moitiés.

Telle est la différence de caractères que présentent les plissements des couches, quand on passe du Jura aux Alpes. Au lieu de ces larges vallées synclinales du Jura, aux flancs boisés, en pente continue vers l'intérieur, nous ne trouvons plus que des plis très-étroits, souvent complétement refermés sur eux-mêmes et séparant d'énormes déchirures beaucoup plus profondes, c'est-à-dire de vastes *cirques*, ou bien de larges *trouées* des terrains inférieurs. Souvent, après le premier effet de plissement, il paraît y avoir eu une nouvelle poussée, qui a couché les plis sur leurs flancs, en forme d'U ou de V couchés sur le côté : c'est ce que de Saussure et M. Studer ont appelé couches pliées en C, dont on trouve d'admirables exemples dans toutes les chaînes extérieures des Alpes, en France et en Suisse [massifs de la Chartreuse (fig. 102), du lac d'Annecy; des Alpes vaudoises, du lac de Brienz, etc.].

Enfin, dans les parties centrales des Alpes, ce qui domine, ce sont de grandes *trouées* des terrains anciens, des schistes cristallins primaires et du granite alpin ou *protogyne*, qui n'en est que la partie la plus profonde. Ces roches, poussées des profondeurs du sol, à travers les larges déchirures des terrains supérieurs, ont résisté énergiquement à toutes les

On peut les comparer aux plis d'une étoffe, ou encore aux vagues de la mer que l'on supposerait instantanément solidifiées. Ce qui doit nous frapper, dans leur structure, c'est bien moins leur hauteur verticale que les fortes inclinaisons et les contournements multipliés de leurs couches, par conséquent la disproportion qui existe entre la surface qu'elles occupent aujourd'hui et celle qu'elles couvriraient, si on les supposait rabattues, dépliées et ramenées à leur situation horizontale primitive. Dans le Jura suisse, la surface serait certainement à peu près doublée ; et, dans les Alpes, la disproportion est bien plus forte encore. Or, ce n'est que dans le sens de la largeur des chaînes qu'a eu lieu ce *resserrement*, cette diminution d'étendue horizontale. Ces redressements et ces replis ne peuvent donc être que les effets d'une grande action latérale de *refoulement* : terme aussi juste qu'expressif, par lequel le grand explorateur des Alpes, de Saussure, dans ses derniers voyages, résumait ses aperçus théoriques sur le mécanisme de la formation de ces montagnes.

Un système de montagnes, comme l'a dit encore M. Élie de Beaumont, représente une bande étroite de l'écorce terrestre qui a diminué de largeur par suite d'un *écrasement transversal*.

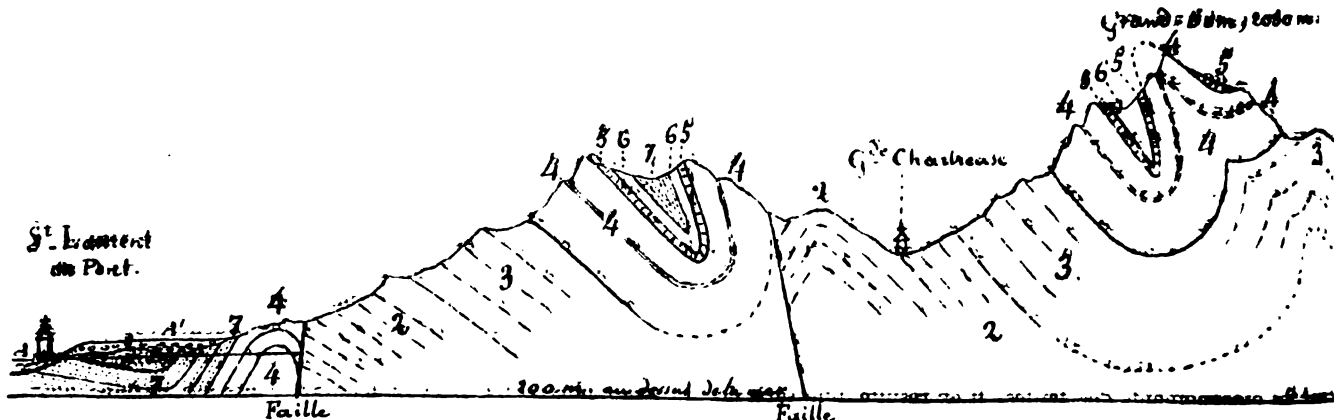


FIG. 102. — Coupe géologique des montagnes de la Chartreuse, de Saint-Laurent-du-Pont au sommet du Grand-Som. — Échelle, 1/…

A, alluvions modernes; A', ancienne alluvion ou lit de déjection du Guiers; 7, mollasse marine; 6, craie blanche; 5, gault; 4, étage néocomien supérieur (urgonien); 3, étage néocomien inférieur; 2, terrain jurassique.

causes de dégradation : aussi elles subsistent, aujourd'hui, comme autant de massifs dominants, autour desquels se coordonne l'orographie alpine. On compte, dans l'ensemble des Alpes, plus de trente de ces massifs ou noyaux de roches cristallines primaires, dont, par exemple, celui du Mont-Blanc, celui des Alpes bernoises, nous offrent les types les plus célèbres. Les terrains secondaires, repliés sur eux-mêmes entre ces massifs, ont été généralement plus dégradés ; ils forment, par conséquent, les cols, les dépressions allongées, en forme d'auges, ce que M. Desor a proposé d'appeler les *malts*, qui les séparent. Quelquefois même, ces dépressions sont fort peu accusées, et certains feuillets de roches plus résistantes s'y dressent en pics isolés, qui rivalisent de hauteur avec les massifs cristallins : tel est, par exemple, le mont Cervin, entre les massifs du Simplon et du Mont-Rose.

Il est bien évident que tous ces faits ne sauraient s'expliquer par de simples actions verticales de *soulèvement* qui se seraient exercées au-dessous de chacune des chaînes : les différentes chaînes d'un même système, avec les plis concaves ou synclinaux qui les séparent, sont évidemment solidaires, ne sont que des effets partiels d'une même action d'ensemble.

Ainsi ce n'est pas sous les montagnes mêmes que nous devons chercher le point de départ des forces qui les ont façonnées : les accidents orographiques ne sont pas des effets de soulèvements locaux ; ils ne peuvent résulter que de grandes actions *latérales*, opérant simultanément sur de vastes étendues : les failles sont des effets de tension, de rupture par tiraillement ; les redressements et plissements des couches sont des effets de compression, de refoulement.

Dans la plupart des grands massifs de montagnes, ces deux genres de dislocations, les *failles* et les *plissements*, se trouvent réunis et combinés. Ainsi le système de failles des plateaux inférieurs du Jura français et le système de plissements du Jura bernois sont réunis dans l'orographie de toutes les grandes chaînes du Jura, depuis Neufchâtel jusqu'à Belley ; et dans les Alpes, si les couches ont éprouvé des plissements gigantesques et très-compliqués, elles ont aussi été disloquées par des failles énormes, que l'on peut suivre, sans interruption, sur trente, quarante lieues et plus, et qui mettent en contact, de la manière la plus imprévue, des terrains séparés autrefois par des milliers de mètres de couches intermédiaires.

sent généralement comme les traits primordiaux, les premiers effets de la dislocation : le sol a été d'abord découpé, par ces longues et profondes fractures, en lambeaux allongés qui ont glissé les uns contre les autres ; et les chaînes résultant du redressement des couches, en plis convexes plus ou moins profondément crevés, ont été formées ensuite, et d'une manière indépendante, des deux côtés de chacune de ces fractures initiales.

Les gradins déterminés par les failles ont joué le rôle d'appuis, d'obstacles résistants, contre lesquels les couches ont été redressées, cambrées, brisées, ou refoulées en plis excessivement saillants. La chaîne du Mont-Blanc est un exemple

plan se trouve alors mis de telle sorte que la lèvre supérieure surplombe sur l'inférieure. C'est la cause la plus ordinaire de ces superpositions anomales qui ont donné lieu à tant de discussions : ainsi, de ces superpositions monstrueuses, comme disait de Saussure, du granite alpin ou des schistes cristallins anciens sur les calcaires des terrains secondaires, comme au mont Chétif, près de Courmayeur (fig. 104), à la Grave en Oisans, etc. Souvent, par la même action de refoulement, les couches de la lèvre inférieure de la faille ont été redressées, puis renversées sur elles-mêmes, ce qui vient encore compliquer les anomalies apparentes de succession des divers terrains. C'est ainsi, par suite de failles et des refoulements, des

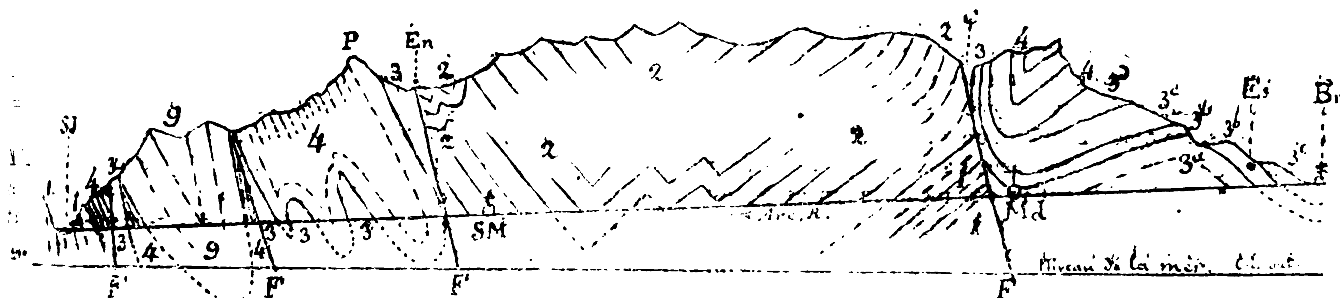


Fig. 103. — Profil géologique du flanc nord de la Maurienne (route du mont Cenis, Savoie), entre Saint-Jean de Maurienne et Bramans. — Échelle des distances horizontales, $\frac{1}{200000}$; échelle des hauteurs, $\frac{1}{100000}$.

SJ, Saint-Jean (gare du chemin de fer) ; P, Grand-Perron des Encombres, 2825 mètres ; En, col des Encombres ; SM, Saint-Michel ; Md, Modane ; C, col de Chavière ; Es, fort de l'Esseillon ; Br, Bramans ; F, failles. — Les numéros désignent les mêmes terrains que dans la figure 101. Subdivisions du trias : 3^a, grès et quartzites ; 3^b, calcaire magnésien avec fossiles et cristaux d'albite ; 3^c, gypse et dolomies ; 3^d, schistes lustrés ou schistes du mont Cenis.

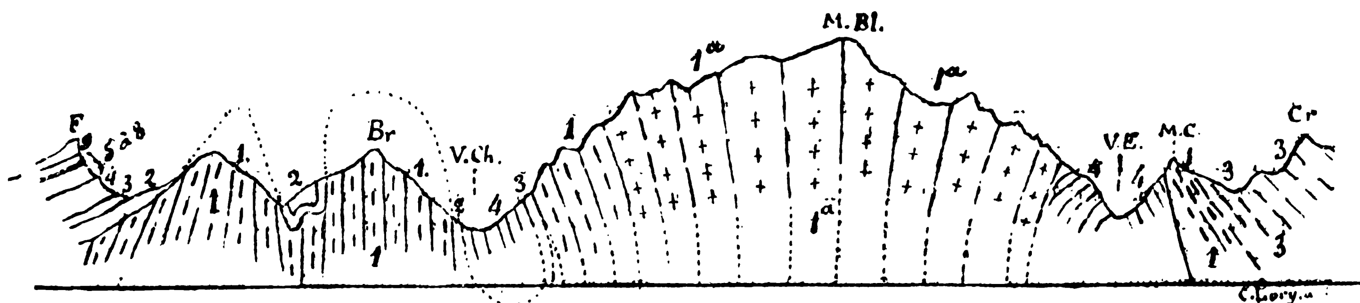


Fig. 104. — Profil général du massif du Mont-Blanc, des Fiz au Cramont. — Échelle, $\frac{1}{150000}$ (d'après MM. Studer et Favre pour le versant nord-ouest, et M. Lory, pour le versant sud-est).

F, montagne des Fiz ; Br, le Brévent ; V. Ch, vallée de Chamonix ; M. Bl, sommet du Mont-Blanc ; V.E, val d'Entrèves ; M. C, mont Chétif ; Cr, Cramont. — Les numéros désignent les mêmes terrains que dans la figure 101 ; 1^a, granite alpin, protogyne.

de ce dernier cas. Étant disjoints par des cassures d'une profondeur indéfinie, les lambeaux du sol se sont prêtés à des dérangements bien plus compliqués au bord des failles que dans tout le reste de leur étendue. Aussi la trace de ces grandes fractures primitives, qui pourrait souvent être peu distincte pour un observateur peu attentif, se trouve en quelque sorte jalonnée par des bouleversements locaux très-compliqués, par des crêtes déchiquetées, discontinues, à formes étranges, qui ne sont que des lambeaux de terrains détachés de l'un ou de l'autre des deux bords, et pincés, dans une position quelconque, souvent même écrasés, broyés, entre ces deux lèvres de la faille, comme entre les mâchoires d'un étau.

Un des effets les plus fréquents de ces refoulements, qui ont agi après les failles, consiste dans le renversement du plan de fracture d'une faille : au lieu d'être resté à peu près

renversements consécutifs, que l'on a cru pendant longtemps que, dans les Alpes, les grès qui renferment des couches de charbon (anthracite) et des empreintes de plantes fossiles identiques avec celles de la houille, se trouvaient intercalés entre des assises de calcaires jurassiques, et, par conséquent, d'une formation bien moins ancienne que le vrai terrain houiller. Une étude attentive a conduit à débrouiller les bouleversements éprouvés par ces terrains, et à restituer leur ordre normal de superposition, qui s'est trouvé, dès lors, parfaitement conforme aux lois de la succession régulière des dépôts et de leurs fossiles caractéristiques, dans les terrains non bouleversés (fig. 103) ; et les grès à anthracite des Alpes françaises doivent compter parmi les bassins houillers les plus étendus de l'Europe, bien que, malheureusement, la mauvaise qualité de leur charbon ne permette pas de fonder de brillants espo[irs] sur l'avenir de leur exploitation.

Dans la plupart des régions à couches bouleversées, on voit paraître aussi des roches massives, qui ont dû sortir de l'intérieur du globe, à l'état liquide ou pâteux, à la manière des laves. Mais ces roches éruptives n'ont pas été, comme on le supposait généralement au commencement de ce siècle, les instruments nécessaires des dislocations de l'écorce terrestre. Loin d'avoir déterminé par leur poussée les fractures du sol, elles n'ont fait que se mouler dans ces fractures, sans y occasionner des dérangements nouveaux, et elles ont pris ainsi leur forme habituelle de *filons* ou *dykes*. Ces filons éruptifs se trouvent même bien plus souvent dans des fractures d'ordre secondaire que dans les grandes failles, qui ont été refermées par le glissement de leurs bords l'un sur l'autre. Quant aux refoulements qui ont plissé les couches des montagnes, on ne saurait les expliquer par l'intrusion violente des roches éruptives : il existe des massifs très-étendus, le Jura, par exemple, qui ne montrent aucune trace de roches éruptives; et quant à la plupart des grands systèmes montagneux, comme les Pyrénées, les Alpes, il suffit d'un coup d'œil jeté sur une carte géologique ou des profils généraux de ces régions, pour reconnaître que la distribution des roches massives n'y est nullement en rapport avec la continuité et la direction régulière des chaînes, et que, dans chaque coupe transversale du système, la largeur occupée par des roches de ce genre, s'il s'en trouve, est en général bien loin d'équivaloir au refoulement éprouvé par les couches jadis horizontales.

Les massifs granitiques qui apparaissent au milieu de ces couches redressées ont surgi, à l'état solide, par les ruptures des terrains supérieurs. Loin d'avoir été les agents directs du refoulement, ils en ont éprouvé eux-mêmes les effets les plus remarquables. C'est ainsi que, dans les Alpes, les schistes cristallins primaires ont été redressés en plis extrêmement saillants, en feuillets à peu près verticaux, au milieu desquels se montre, par leur déchirure, la roche granitique sous-jacente : dans les massifs centraux les plus élevés, par exemple, ceux du Mont-Blanc, des Alpes bernoises, du Saint-Gothard, etc., les roches ont été fortement comprimées, dans le bas, par la réaction des chaînes voisines; au contraire, dans le haut, par cela même que ces massifs dominaient tout le reste, cette pression n'existait plus. Les couches s'y sont trouvées alors dans des conditions analogues à celles d'une gerbe que l'on serre fortement : rapprochées, dans le bas, par cette pression, elles sont, par suite, divergentes vers le haut. Telle me paraît être l'explication la plus simple de cette structure dite *en éventail*, si remarquable dans les massifs alpins que je viens de nommer (fig. 104), et dont on a cité aussi des exemples dans les Pyrénées (massif de la Maladetta) et plusieurs autres grandes chaînes.

Quant aux roches proprement éruptives, il s'en faut bien que leur émission ait toujours coïncidé avec le façonnement des chaînes; dans la plupart des cas, on reconnaît qu'elles ont été émises à diverses époques, en même temps que se formaient tels ou tels terrains, et qu'elles ont subi, comme ceux-ci, étant déjà consolidées, l'action des dislocations ultérieures.

Les volcans de la période actuelle représentent une activité d'émission de roches éruptives au moins égale à celle de n'importe quelle période géologique ancienne; cependant ils n'ont occasionné aucune dislocation notable dans les couches du sol environnant. Au fond des mers, les coulées des volcans sous-marins viennent, de temps à autre, s'enchevêtrer et former des couches alternantes avec les dépôts tranquill où sont enfouies les coquilles marines. Il en a été ains toutes les époques géologiques; et l'origine des grandes dis cations du sol, des rides montagneuses, a toujours été distinc en principe, en étendue et dans le temps, d'avec l'incessar activité des forces éruptives, dont les volcans, les sour thermales, etc., sont les manifestations actuelles.

La raison d'être des montagnes se trouve dans leurs ra ports avec les plaines, avec l'ensemble des saillies et des d pressions de la surface terrestre.

La liaison des chaînes de montagnes avec les plaines manifeste par un fait très-général : c'est que, de part d'autre d'une chaîne de montagnes, les deux pays plats qu'ell sépare sont, presque toujours, à des niveaux différents. Ain les Alpes ont à leur pied, d'un côté, les plaines basses l'Italie, de l'autre les plaines bien plus élevées de la Suisse de la Bavière; de part et d'autre du Jura, la plaine suisse es plus élevée que celle de la Bourgogne; les plaines du no de l'Espagne sont plus élevées que celles de l'Aquitaine; surface des plateaux du Thibet, si on la supposait prolong par-dessous l'Himalaya, passerait bien au-dessus des plain du Bengale. On pourrait multiplier beaucoup ces exemple et la différence se précise encore mieux, pour le géologu par les niveaux différents auxquels le même dépôt, redres dans la chaîne, se retrouve, en couches horizontales, des deu côtés. Cette dénivellation montre, comme le dit M. Élie d Beaumont, que les chaînes de montagnes ont dans l'épais seur du sol des racines profondes, et qu'elles sont en rappo intime avec la disposition des terrains plats non boulever sés, dont l'étendue est bien plus considérable que celle des bandes montagneuses qui les séparent.

On peut se représenter la surface du globe comme un sorte de mosaïque, dont les pièces seraient les contrées plate ou simplement ondulées : mais ces divers compartiments son à des niveaux différents, les uns déprimés sous l'Océan, le autres plus ou moins élevés au-dessus; ils ont des pentes di verses, et leur surface générale est tantôt plus bombée, tant plus aplatie que la surface régulière des eaux de la mer. Le montagnes représentent en quelque sorte les bavures, le déformations locales qui se sont produites, sur les bords, pa le dérangement et le frottement mutuel de ces pièces de l grande mosaïque terrestre.

C'est donc dans l'histoire générale de la constitution d sol, des continents et des mers, durant la série des temp géologiques, que nous devons trouver l'origine des rides montagneuses.

Chacune des périodes géologiques est une longue et incal culable série de siècles, durant laquelle s'est formée, sous le eaux de la mer, un ensemble de dépôts que l'on reconnaî par sa superposition aux précédents et par les êtres fossile propres à chaque période. Or, il arrive souvent que cette for mation a recouvert un sol précédemment à sec; qu'elle commencé par des dépôts d'eau douce ou saumâtre; qu'on trouve, à différents niveaux, des couches où les animaux ma rins ont dû être enfouis sur la place même où ils vivaient, et leur organisation indique que les eaux devaient être peu profondes. Cependant ces couches sont recouvertes par une série d'autres, non interrompue, sur des centaines ou des milliers de mètres d'épaisseur. Il y avait donc, nécessairement, un affaissement progressif, graduel, du fond de la mer,

core dans ces parties du grand Océan où se forment les grands récifs madréporiques (1) : et si nous avions pour toutes les mers des moyens d'observation, des points de repère analogues, nous constaterions certainement un affaissement semblable dans la plus grande partie de leur étendue. A défaut du fond des mers actuelles, qu'il nous est difficile d'explorer, nous avons les fonds des mers anciennes, bien mieux accessibles à notre observation.

Ainsi le fait général, à travers toutes les périodes géologiques, c'est un affaissement graduel, lent, mais continu, du fond des mers, considéré dans son ensemble. Toute la géologie tend à montrer que l'Océan a été ainsi en augmentant de profondeur et en diminuant d'étendue. Or, le fond de l'Océan, c'est de beaucoup la majeure partie de la surface de la terre ; et des affaissements aussi étendus, aussi considérables, n'ont pu être déterminés que par un retrait général de la masse intérieure du globe.

Ce retrait peut être regardé comme un fait démontré par l'observation, indépendamment de toute hypothèse sur la nature et l'état physique de la masse intérieure du globe. Or, s'il est vrai que ce volume intérieur diminue, son enveloppe, c'est-à-dire le sol, à laquelle la pesanteur ne permet pas de s'en séparer, doit s'affaisser dans son ensemble pour suivre cette contraction. Mais se trouvant, dès lors, forcée de s'appliquer sur une sphère de plus en plus petite, cette enveloppe doit nécessairement se déformer, se bosseler, former des remplis et des rides : en même temps que de grands compartiments s'affaissent sur la masse sphérique, en s'aplatissant légèrement, mais sans cesser d'être à peu près horizontaux sur une petite étendue, il doit arriver que des parties intermédiaires, plus étroites, seront exhaussées, refoulées, plissées, par la réaction même de ces affaissements généraux. Et vous comprenez comment vont se produire, simultanément, selon les conditions locales, de larges bosselures, qui sont les plateaux saillants de nos continents ; des tiraillements, des déchirures et des différences de niveau entre les parties disloquées, c'est-à-dire les *failles ;* des poussées latérales donnant lieu à des redressements et à des plissements multipliés, c'est-à-dire aux chaînes de montagnes.

Tous ces phénomènes sont les conséquences d'une contraction lente et continue de l'intérieur du globe ; souvent ils s'opèrent aussi avec lenteur et continuité : c'est ainsi que le sol de la Scandinavie s'élève graduellement, dans la plus grande partie de son étendue, pendant qu'il s'affaisse dans sa partie méridionale. Cependant ces actions lentes n'excluent point des effets plus rapides ou même tout à fait brusques. De même que nous voyons des éboulements subits amenés par un travail insensible, de même aussi les tensions, les tiraillements entre les diverses parties de l'écorce terrestre, produiront, à un certain moment, des déchirements brusques, des *failles*, dont les bords pourront d'ailleurs continuer à glisser l'un contre l'autre, lentement ou à diverses reprises. Quant aux plissements des couches, souvent si multiples et si compliqués, ils ont dû se faire avec une certaine lenteur ; autrement il serait difficile de comprendre comment des roches, déjà anciennement consolidées, auraient pu se prêter tanés, comme un éboulement, ou même comme une éruption volcanique ; cependant on peut croire qu'elles ont encore été de peu de durée relativement à la durée des périodes géologiques, où les siècles comptent à peine comme les jours dans notre histoire humaine.

Si vous me demandiez si, à l'heure qu'il est, quelques rides montagneuses sont encore en voie de se former, je ne devrais faire à cette question qu'une réponse évasive : c'est à peine si, depuis quelques années, mettons même trois ou quatre siècles, nous savons ce qui se passe sur une faible partie de la surface du globe ; et en supposant que des dislocations, même très-étendues, soient encore, quelque part, en train de se produire, il y a bien au moins dix à parier contre un que nous n'aurions pas pu jusqu'ici en avoir connaissance. Nous savons seulement que le sol n'est point à un état de stabilité parfaite ; qu'il est sans cesse agité par des oscillations, des tremblements de terre qui ont donné lieu à des fractures, des affaissements ou des exhaussements permanents ; que de vastes surfaces sont aujourd'hui en voie de s'abaisser ou de s'élever lentement ; et que, depuis l'existence de l'homme, ces terrains superficiels où l'on trouve aujourd'hui si généralement les restes de son industrie primitive portent les traces d'oscillations du sol beaucoup plus étendues encore, de changements de niveau qui s'étendent à tout le nord de l'Europe et qui vont à plusieurs centaines de mètres. C'en est assez pour que nous puissions dire que *le fil des opérations n'est point rompu*, comme le croyait Cuvier ; et que les générations humaines pourraient bien, dans la suite des siècles, constater la croissance de quelques grandes rides montagneuses, comme la période antérieure a vu le façonnement définitif de la chaîne des Alpes. Il est permis de croire que l'espèce humaine n'en serait pas plus compromise dans son existence qu'elle ne l'a été jusqu'ici par l'énorme quantité de produits volcaniques de la période actuelle, qui représentent certainement, comme masse et comme dépense de force, l'équivalent de ce qu'il faudrait pour constituer de grandes chaînes de montagnes.

L'étude du sol nous révèle l'étendue des transformations et des mouvements qu'il a subis ; les phénomènes actuels, qui n'en sont que les suites, nous amènent à concevoir les incalculables durées qu'ont exigées ces transformations. Alors ces idées de révolutions violentes et universelles, interrompant brusquement le cours normal des choses, disparaissent, pour nous laisser voir partout, et même dans les dislocations de l'écorce terrestre, l'action constante et régulière des grandes forces naturelles et le développement du plan harmonieux de la création.

CH. LORY,
Professeur à la Faculté des sciences de Grenoble.

---

(1) Voyez une conférence de M. Vaillant, *Revue des cours scientifiques*, tome IV, page 449, 15 juin 1867.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

PHYSIQUE APPLIQUÉE AUX SCIENCES NATURELLES.

COURS DE M. BECQUEREL
(de l'Institut).

LEÇON DE M. ED. BECQUEREL (DE L'INSTITUT), SUPPLÉANT.

Les applications des phénomènes thermo-électriques à la détermination des températures.

Le professeur, après avoir donné les lois de la thermo-électricité, a montré dans quelles nombreuses circonstances on pouvait utiliser ces phénomènes pour l'étude des sciences naturelles. Ces principes ont été posés par M. Becquerel père très-peu de temps après la découverte des courants thermo-électriques (1), et il les a appliqués dans des circonstances où l'emploi des procédés thermométriques ordinaires serait quelquefois plus difficile et souvent inapplicable.

Thermomètre électrique de M. Becquerel. — La construction du thermomètre électrique est basée sur la production des courants électriques dans un circuit fermé composé de deux métaux différents d'un pouvoir thermo-électrique plus ou moins grand, et dont tous les points de jonction n'ont pas la même température.

Soit un circuit fermé composé de deux fils de métaux hétérogènes, fer et cuivre, soudés à leurs extrémités A et B; et intercalons un galvanomètre dans ce circuit. Si les deux soudures A et B sont rigoureusement à la même température, quelle que soit celle des autres parties du circuit, aucun courant ne s'y manifestera, et l'aiguille galvanométrique restera rigoureusement au *zéro*. Mais la température de l'une des soudures vient-elle à varier, immédiatement l'aiguille dévie, indiquant qu'il passe, dans le circuit, un courant électrique dirigé de la soudure *chaude* à la soudure *froide*; c'est-à-dire que le fer de la soudure échauffée prend l'électricité positive. La manifestation du phénomène est indépendante de la longueur du circuit, quant à la direction du courant électrique : ainsi, le galvanomètre étant à peu de distance de la soudure A, et celle B étant située au loin, dans l'air, ou à une certaine profondeur au-dessous du sol, la déviation de l'aiguille du galvanomètre indiquera constamment dans quel sens varie sa température par rapport à celle de la soudure A. Il n'y a de différence que dans l'intensité du courant observé.

L'appareil est ainsi disposé (2) : Les fils métalliques sont cuivre et fer, puisqu'il s'agit de mesurer les températures de l'air, du sol, des végétaux, températures qui ne varient que d'un nombre de degrés relativement faible, mais pouvant atteindre 25 ou 30 degrés; ces fils sont soigneusement recouverts d'une enveloppe isolante, et les extrémités sont exactement soudées et encastrées dans un tube de verre, afin [de] ne pas s'altérer.

La soudure A est entourée de mercure et à côté d'un thermomètre très-précis, dans un tube qui plonge lui-même dans une éprouvette à pied contenant de l'éther; un tube recourbé permet de vaporiser ce liquide à l'aide d'un courant d'air émis par un soufflet installé au pied de l'éprouvette, s'il faut à un moment donné refroidir l'éprouvette à mercure, par suite la soudure qui s'y trouve. S'il faut au contraire réchauffer, on en approche un linge chaud ou un vase cylindrique contenant de l'eau chaude. A côté de cette éprouvette se trouve le galvanomètre, qui est intercalé dans le circuit, et la soudure B est placée dans le lieu d'observation.

Tant que les soudures A et B sont à la même température, l'aiguille du galvanomètre reste au *zéro*. Mais, pour la plus faible différence entre les températures extrêmes du circuit, on remarque une déviation de l'aiguille du galvanomètre, dont le sens indique si la soudure du milieu éloigné s'échauffe ou se refroidit.

L'opération consistera donc à échauffer ou à refroidir, par les moyens indiqués, l'enceinte thermométrique, jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre soit revenue au *zéro*. A ce moment, on lit la température indiquée par le thermomètre placé à côté de la soudure A, dans l'éprouvette à mercure. Telle est évidemment celle de la soudure B, et, par suite, du milieu plus ou moins éloigné dans lequel elle se trouve.

Cet appareil thermométrique permet donc de déterminer électriquement la température d'un milieu inaccessible ou lointain dans lequel se trouve la soudure désignée par B, puisqu'il est toujours possible de connaître la température du lieu d'observation où reste la soudure A, à côté du galvanomètre.

La description de ce précieux instrument étant donnée, il faut examiner successivement les divers emplois qui en ont été faits, et signaler les résultats, tout nouveaux pour la science, auxquels lui seul pouvait permettre d'arriver.

Détermination de la température de l'air à différentes hauteurs. — On observe ordinairement la température de l'air avec un thermomètre placé au nord, abrité de la radiation solaire et dans un lieu où l'air peut librement circuler. On détermine ainsi l'élément à l'aide duquel on calcule les moyennes diurnes, mensuelles, annuelles, ainsi que la température du lieu, dite climatérique. Cette dernière donnée est très-importante; elle doit être prise en considération quand il s'agit d'étudier les phénomènes de la vie végétale dans une contrée.

Le thermomètre électrique permet la solution de la question, puisqu'une des soudures du circuit peut être placée à une hauteur telle que le rayonnement du sol ne puisse influencer la température de l'air.

Deux instruments de ce genre ont été établis au Jardin des plantes : l'un à la périphérie d'un marronnier d'Inde, à 21 mètres au-dessus du sol; l'autre à 16 mètres, en plein air, au-dessus du grand amphithéâtre, qu'il dépasse de 6 mètres. La soudure de chacun de ces instruments destinée à prendre la température de l'air est garantie du rayonnement solaire au moyen d'un triple réflecteur d'argent qui permet à l'air échauffé par le soleil de circuler autour de la soudure. Ces appareils indiquent les moindres changements de température produits dans l'air.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XXXI, p. 371. — *Ibid.*, t. LIX, p. 113. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. I, p. 28. — *Ibid.*, t. III, p. 771; — t. VI, p. 429; — t. XIII, p. 791.

(2) La galerie de physique du Conservatoire des arts et métiers possède un thermomètre électrique construit par M. Rumhkorff, d'après indications de M. Becquerel.

l'auteur a observés :

Le thermomètre ordinaire placé au nord, à $1^m,33$ du sol, a donné, comme [température moyenne de 1860, 10°,90. Arago avait trouvé comme température moyenne de Paris 10°,72 (d'après les maxima et minima de 1806 à 1851)]; M. Bouvard 10°,82 (de 1806 à 1834).

A l'air libre échauffé par le rayonnement solaire, la température moyenne annuelle, au thermomètre électrique, a été 11°,53 au lieu de celle de 10°,90, température trouvée au nord.

La température moyenne de l'air au-dessus de l'arbre n'a dépassé celle de l'air libre que de 0°,23 à 0°,86; mais si l'on compare ensemble les observations faites aux différentes heures de la journée, on trouve que vers trois heures, au moment où la température est le plus élevée, les différences gagnent 2, 3 et même 4 degrés en faveur de l'air influencé par l'arbre; tandis que le matin, après une nuit sereine, en vertu du grand pouvoir émissif des astres, l'excès est de signe contraire par suite du rayonnement nocturne. Ce fait met en évidence le refroidissement des arbres, ainsi que celui de l'air qui les entoure, sous l'influence du rayonnement nocturne; ce qui explique pourquoi les végétaux près des bois sont plutôt atteints par les gelées printanières et les premiers froids d'automne que les végétaux qui en sont éloignés. Lorsque le ciel est couvert, ces différences de température sont très-faibles et finissent par devenir nulles.

Cette étude a mis en relief un phénomène des plus importants pour la météorologie, c'est la manifestation d'une *heure critique* pour la température. A six heures du matin, tous les thermomètres sont d'accord (soit les thermomètres ordinaires, soit les thermomètres électriques), et la température est alors celle que donnerait la température moyenne du jour. Il résulte de ce fait que, pour obtenir la température moyenne mensuelle, il suffit de prendre la moyenne des températures de chaque jour du mois déterminée à l'heure critique de *six heures du matin.*

Psychromètre électrique. — On connaît assez le psychromètre d'August pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en rappeler ici la description. Cet instrument est, on le sait, d'un emploi très-simple, et peut donner par la lecture de deux températures le degré d'humidité de l'air.

Il était donc intéressant de le rendre, lui aussi, capable de donner l'état hygrométrique de l'air pris à un point, tel distant que ce soit, du lieu où se trouve l'observateur. Celui-ci peut ainsi, comme pour les températures déterminées par le thermomètre électrique, établir une série d'études comparatives entre les phénomènes atmosphériques qui s'accomplissent dans plusieurs des régions qui l'environnent.

On substitue aux deux thermomètres, sec et humide, les deux soudures d'un circuit cuivre et fer. L'une des soudures est placée dans un milieu dont on abaisse la température jusqu'à ce que l'aiguille soit revenue au *zéro :* la température est alors la même aux deux soudures, l'autre étant plongée dans le milieu dont on veut voir l'état hygrométrique. Cette dernière soudure est pourvue d'un système qui la maintient, à volonté, sèche ou humide : sèche, si l'on veut seulement obtenir la température du milieu; humide, si l'on désire déterminer la température qu'elle prend alors, et qui est en relation avec la tension de la vapeur d'eau en ce point. Évidemment, en déduire l'état hygrométrique cherché.

Nous citons le résumé d'expériences faites par une température de 18 degrés et une pression barométrique de 755 millimètres en quatre stations de différentes altitudes.

1° A 3 mètres au-dessus du sol ;

2° A quelques centimètres au-dessus de plantes potagères;

3° A quelques centimètres au-dessus d'une rivière;

4° Au sommet d'un tilleul de 6 mètres de hauteur.

Les résultats signalés ont été les suivants :

STATIONS.	TENSION DE LA VAPEUR	ÉTAT HYGROMÉTRIQUE.
	mm.	°
1.	11,60	74,6
2.	11,60	74,6
3.	11,76	74,8
4.	11,68	74,5

L'accord presque parfait qui existe entre ces résultats montre que les vapeurs, à mesure qu'elles se dégagent des végétaux, se mêlent à l'air ambiant en vertu de leur force élastique, de manière à produire un état hygrométrique moyen qui était le même aux quatre stations.

On conçoit que ces résultats n'auraient pu être obtenus par l'une ou l'autre des méthodes connues jusqu'à ce jour.

Mesure de la température dans la terre à diverses profondeurs. — Suivre la propagation de la chaleur solaire dans la terre depuis le sol jusqu'à la couche invariable, puis l'accroissement de la chaleur d'origine de la terre depuis cette même couche jusqu'à diverses profondeurs, est une question du plus haut intérêt pour la science.

La température de la terre au-dessous de la couche invariable peut être influencée par la conductibilité des terrains, les infiltrations des eaux, le voisinage des roches qui conservent encore une partie de leur chaleur d'origine, les réactions chimiques, etc. Ces influences sont d'autant plus intéressantes à étudier, qu'elles peuvent réagir sur les climats.

Le mode expérimental ne varie pas quant au principe; on opère toujours avec le thermomètre électrique, mais son application devient plus difficile. Il faut, en effet, disposer d'un puits foré à une grande profondeur pour y placer un câble thermo-électrique dans les conditions d'isolement les plus avantageuses.

Le puits foré au Muséum par les soins de M. Dru, ingénieur civil, traverse les carrières de Paris sur une profondeur de $12^m,36$, le calcaire grossier et les marnes jusqu'à $23^m,28$; puis l'argile plastique jusqu'à $36^m,6$, terme du sondage.

Le câble thermo-électrique est formé de sept fils de cuivre de 2 millimètres de diamètre et de 50 mètres de long, et de sept fils de fer de même diamètre et de même longueur. On a soudé deux à deux les fils de cuivre et de fer par une de leurs extrémités, toutes les précautions ont été prises pour que l'isolement soit parfait.

Le câble, après la sortie du puits, a été amené dans la salle d'observations, où se trouvent les appareils dressés pour indiquer les températures de 5 mètres en 5 mètres.

Quinze jours après la descente du câble, on a commencé les observations; on les a suivies pendant cinq à six années, et le tableau suivant donne les moyennes des observations faites pendant une période de trois années.

TERRAINS.	PROFONDEUR DU SOL.	PROFONDEUR DES SOUDURES.	TEMPÉRATURE MOYENNE (ANNÉES 1864, 1865 ET 1866).	VARIATIO[N] ANNUELLE.
SOL....	—			
	— 1 mètre....	1 mètre.......	10°,64 { Hiver (minimum)..... 7°,07 ; Été (maximum)...... 14°,22 }	7°,15
	— 2			
	— 3			
	— 4			
	— 5			
TERRE SABLEUSE DE REMBLAI.	— 6.........	6...........	11°,76 { Hiver (maximum)..... 11°,29 ; Été (minimum)........ 11°,22 }	0°,07
	— 7			
	— 8			
	— 9			
	—10			
	—11.........	11..........	11°,76 { Hiver (maximum)..... 11°,93 ; Printemps (minimum). 11°,60 }	0°,33
	—12			
	—13			
MARNES CALCAIRES CHLORITÉES.	—14			
Nappe d'eau souterraine alimentant les puits et s'écoulant sans cesse vers la Seine.	—15			
	—16.........	16..........	11°,78 { Hiver (minimum)..... 11°,68 ; Printemps (maximum). 11°,93 }	0°,25
	—17			
	—18			
	—19			
CALCAIRE.	—20			
	—21.	21...........	12°,05 Température constante.	»
	—22			
	—23			
	—24			
ARGILE PLASTIQUE. Nappe d'eau puissante alimentée par les pluies et par les eaux de la Bièvre.	—25			
	—26.........	26...........	12°,27 { Hiver (minimum)..... 12° ; Été (maximum)...... 12°,53 }	0°,53
	—27			
	—28			
	—29			
	—30			
	—31.........	31...........	12°,30 Température constante.	»
	—32			
	—33			
	—34			
	—35			
Terme du sondage..................	—36.........	36...........	12°,42 Température constante.	»
ARGILE PLASTIQUE.				

Les conclusions que l'on déduit de ce tableau sont les suivantes :

A 1m,33 au-dessus du sol et à 1 mètre au-dessous, les températures sont sensiblement les mêmes. A partir de 6 mètres, il y a une augmentation de température d'environ 1 degré, qui est constante jusqu'à 16 mètres.

A 21 mètres, l'accroissement devient sensible; de 26 à 36 mètres, il continue faiblement et irrégulièrement.

De 1 à 36 mètres, l'accroissement est de 1°,78; soit de 0°,49 ou 1°,47 pour 30 mètres.

Les variations de températures aux huit stations et dans le cours de l'année sont les suivantes :

A 21, 31 et 36 mètres, les températures n'éprouvent pas de variations bien sensibles dans le cours de l'année : elles se comportent donc comme des couches invariab[les].

Dans cette localité, cette couche invariable, telle qu'o[n la] détermine, doit se trouver à 21 mètres, où l'on a 12°,05, [va]leur adoptée assez généralement. Aux autres stations, [les] températures sont soumises aux variations suivantes :

1° A 1 mètre au-dessous du sol, la température moye[nne] augmente de l'hiver à l'été. La différence entre le maxim[um] et le minimum est de 6°,92, la température de l'air étant 18°,17.

2° A 6 mètres, les variations suivent une marche inverse : la différence est d'environ 1 degré.

3° A 11 mètres, elle est aussi en sens inverse, mais la variation n'est plus que de 0°,3.

4° A 16 mètres, la marche de la température est comme dans l'air; l'amplitude de la variation est de 0°,27.

5° A 26 mètres, la marche est aussi comme dans l'air, et la variation est de 0°,53. Les résultats mentionnés dans les paragraphes 3° et 4° montrent qu'à 16 et 26 mètres, les couches de terre sont en relation de température avec l'air par l'intermédiaire des eaux pluviales qui s'y infiltrent.

Dans le puits foré du jardin des plantes, à 16 mètres de profondeur, on pénètre dans la nappe d'eau souterraine qui alimente les puits du jardin. Cette nappe s'écoule sans cesse vers la Seine, reçoit directement les eaux atmosphériques et participe à leurs variations de température. — A 26 mètres, on rencontre une deuxième nappe d'eau souterraine qui prend naissance entre l'argile plastique; elle est puissante parce qu'elle repose sur des couches complétement imperméables. Cette nappe est alimentée par les eaux atmosphériques et par celles qui coulent à la surface du sol dans les endroits où affleure l'argile plastique.

Il est donc possible d'obtenir, par cette méthode, des résultats qui échappaient aux anciens procédés thermométriques, lesquels ne pouvaient fournir que des données insuffisantes sur la manière dont la chaleur se propage dans l'intérieur du globe. En poursuivant cette étude par cette nouvelle méthode, sur une échelle plus considérable, on pourra étudier d'une manière certaine l'accroissement de température à mesure qu'on s'approche vers le centre de la terre, ainsi que la loi du refroidissement des différentes couches superficielles du globe.

Détermination de la température des végétaux. — Les végétaux sont les véritables thermomètres à consulter lorsqu'il s'agit de supputer le nombre de degrés de chaleur dont ils ont besoin pour l'accomplissement de toutes leurs fonctions. Dans ces derniers temps, on ne s'était occupé de la chaleur des plantes que dans quelques cas : comme, par exemple, lors de la floraison de certaines plantes, où il se produit une émission de chaleur assez grande pour être appréciée par les thermomètres ordinaires. Mais, indépendamment de l'impossibilité pratique de scruter avec le thermomètre ordinaire les phénomènes calorifiques qui s'accomplissent dans les organes des végétaux, les variations de température qui s'y produisent sont, le plus souvent, trop faibles pour qu'il les accuse. Il appartenait donc seulement à la méthode thermo-électrique de résoudre ce genre de question de la physiologie végétale.

Les appareils se composent, comme pour les déterminations à faire sur les animaux, de deux aiguilles mixtes, acier et cuivre, soudées par un de leurs bouts. L'une est introduite, sans produire de lésion, dans les tissus du végétal, tandis que l'autre reste dans l'air, et la déviation du galvanomètre fait connaître, d'après une table d'intensités, la différence de température qui existe entre le tissu du végétal et l'atmosphère. Si l'on représente par deux courbes respectives les variations de température qui surviennent dans le végétal et dans l'air, on arrive à poser les conclusions suivantes :

La température moyenne annuelle des végétaux est la même que celle de l'air; les deux courbes de température ont les mêmes allures, quoique ne coïncidant pas ensemble, attendu que les végétaux ne participent aux variations diurnes de la température de l'air qu'en raison de leurs diamètres. L'air est donc la source principale de la chaleur végétale.

Le maximum de température dans l'air a lieu, en hiver, vers deux heures du soir, et en été, vers trois heures; dans les végétaux, ces heures sont retardées suivant leur grosseur : dans les arbres de $0^m,3$ à $0^m,4$ de diamètre, le maximum se montre, en hiver, vers neuf heures du soir, et en été, vers minuit.

refroidissement, ainsi qu'à l'échauffement qui suit le dégel, sans que l'on puisse attribuer cet effet à la mauvaise conductibilité du bois.

Lorsque le froid dure pendant plusieurs mois, comme dans le nord de l'Europe, la température s'abaisse successivement dans l'arbre, mais jamais autant que dans l'air : il y a une différence d'un demi-degré à un degré en faveur de l'arbre.

La température des végétaux, qui est presque toute d'emprunt, ne paraît pas être influencée par la chaleur dégagée dans les réactions chimiques qui ont lieu dans les tissus, mais bien par la température des parties du sol où les racines puisent les liquides qui doivent plus tard constituer la séve, sans que l'on sache encore comment, en hiver, lorsque le mouvement ascensionnel de la séve est presque suspendu, la température des parties inférieures du sol puisse intervenir pour diminuer le refroidissement, quand la température extérieure est au-dessous de zéro.

Détermination de la température de l'homme et des animaux. —Les expériences faites sur la chaleur des animaux à l'aide du thermomètre ordinaire devaient conduire à des résultats souvent très-divergents: l'appareil, quelque petite que soit sa cuvette, ne pouvait être introduit directement que dans quelques parties du corps; voulait-on pénétrer dans l'intérieur des organes, il fallait les inciser, par conséquent les altérer; dès lors le trouble résultant produisait des effets calorifiques qu'il n'était pas toujours possible de distinguer de ceux provenant de la vitalité. En outre, la masse de l'instrument absorbait une assez grande quantité de chaleur avant de se mettre en équilibre de température avec les régions adjacentes. Si celles-ci ne pouvaient recouvrer immédiatement la chaleur enlevée, il en résultait un abaissement de température. L'emploi du thermomètre ordinaire ne permettait non plus de résoudre les principales questions qui intéressent la physiologie, ni d'aborder une foule de questions de l'ordre le plus élevé pour la connaissance des lois qui régissent la chaleur animale.

Le thermomètre électrique a permis à M. Becquerel d'apporter à l'étude de ces questions les moyens d'observation les plus précis. Il a fait usage du procédé dit d'acupuncture pour explorer les organes ; c'est-à-dire qu'il introduit dans ces organes une aiguille très-déliée qui, conduite avec art, ne détermine aucune lésion, ni froissement. L'aiguille est constituée de façon à former couple thermo-électrique ; elle est, en effet, mi-partie *acier*, mi-partie *cuivre*, les deux parties étant soudées par le milieu. La soudure d'une de ces aiguilles est placée dans un milieu dont la température est constante, pendant toute la durée de l'expérience, tandis que la soudure de l'autre est introduite dans la partie dont on veut évaluer la température. La communication est établie entre les deux aiguilles, d'une part par leur bout acier avec un fil d'acier de même nature, de l'autre par leur bout cuivre avec les extrémités polaires d'un galvanomètre dont la sensibilité est telle, qu'une différence de $0°,10$ de température entre les deux soudures donne à l'aiguille aimantée une déviation de 1 degré au moins. La source de température constante que l'on peut employer est la bouche d'une personne qui, respirant par le nez, la tiendra fermée lorsque la soudure de l'aiguille sera appliquée sous sa langue. Le mode opératoire ne consiste plus à rétablir l'équilibre de température entre les deux soudures en ramenant l'aiguille du galvanomètre au *zéro*,

A cet effet, on a commencé par dresser une table des intensités et des températures correspondantes pour l'instrument destiné aux observations (1). Les résultats d'expériences qu'on va citer montreront l'importance de cette méthode expérimentale; ils sont le résumé d'observations faites par M. Becquerel conjointement avec M. Breschet.

Il y a dans l'homme une différence de 1°,25 à 2°,25 entre la température des muscles et celle du tissu cellulaire. Ces tissus semblent préserver les muscles du refroidissement. Lors de la contraction, la température du muscle biceps s'élève jusqu'à un demi-degré. La compression d'une artère diminue la température des muscles situés au delà du vaisseau adjacent. Le sang artériel a une température qui peut aller à plus d'un demi-degré au-dessus de celle du sang veineux.

On a pu suivre par cette méthode les températures des organes affectés par diverses maladies, et se convaincre que les variations de températures étaient correspondantes à certaines périodes maladives; or, ces observations ne peuvent être effectuées avec les thermomètres ordinaires.

On a pu déduire des expériences les conséquences suivantes : L'état fébrile donne un accroissement de température dans les organes affectés, et cette température peut aller jusqu'à 39 degrés, celle du muscle brachial étant, dans l'état normal, de 36°,87. Les tumeurs scrofuleuses fortement enflammées n'ont pas donné un accroissement plus considérable de température. La paralysie n'a présenté aucune différence bien sensible entre la température du membre malade et celle du membre paralysé.

Le professeur ajoute à l'énumération de ces faits quelques-uns des principaux observés par M. Becquerel sur la température des insectes et sur celle des animaux à sang froid.

Il montre également comment cette même méthode a permis d'évaluer la faculté que l'homme et les animaux possèdent de résister aux effets de la température extérieure; cette méthode est la seule, en effet, qui permette d'étudier la progression de l'influence de la température extérieure sur celle des organes.

Détermination des hautes températures. — La méthode pyrométrique la plus rationnelle serait celle qui s'appuierait sur l'évaluation de la quantité de chaleur absorbée par un corps pour produire un effet calorifique déterminé; mais elle est en défaut par sa base même, puisque les *capacités calorifiques* ne sont pas des quantités constantes. En outre, son exécution pratique est soumise à trop de causes d'erreur.

La dilatation des solides étant aussi une quantité essentiellement variable, on doit repousser l'emploi des pyromètres fondés sur cette propriété des corps. Tous les travaux entrepris sur la dilatation des gaz tendent au contraire à faire considérer cette quantité comme approximativement constante entre les diverses limites de l'échelle thermométrique. Il s'en suit que le *pyromètre à air* est considéré encore actuellement comme l'étalon thermométrique.

(1) Le professeur indique les détails du mode opératoire, et il insiste sur les précautions qui sont nécessaires pour apprécier avec exactitude des variations de température correspondant à des fractions de degré centigrade.

ment être invoqués pour la mesure des hautes températu[res]. Il songea alors à employer un couple formé de deux fils [de] platine inégaux, dont l'action est très-régulière; mais l'int[en]sité du courant devient relativement moins grande à mes[ure] que la température augmente. En outre, le peu de fo[rce] électromotrice du couple ne permet que l'usage d'un galva[no]mètre et non celui d'une boussole. On sait que M. Pouillet e[m]ployait pour ce genre de mesures un circuit de fer-platin[e]; mais l'accroissement d'intensité de ce couple n'est pas rég[u]lier avec l'élévation de température.

M. Edmond Becquerel a établi, par une longue suite d'ex[pé]riences, que les différentes conditions exigées pour un bo[n] pyromètre thermo-électrique se trouvent remplies par u[n] couple platine-palladium.

Ce couple est constitué par deux fils, l'un de platine, l'autre de palladium, de 2 mètres de longueur et de 0mm,8 à 1 millimètre de diamètre, joints ensemble sans soudure par une pression agissant sur un centimètre de longueur, et en les entourant, sur cette étendue, à l'aide d'un fil fin de platine. Telle est la constitution du couple employé dans le cours de très-nombreuses expériences sur la *mesure des hautes températures*. Les deux fils sont séparés par un tube mince de porcelaine; le fil de palladium passe dans l'intérieur, et celui de platine est à l'extérieur. Tout le système est plongé dans un tube fermé, également de porcelaine.

Les observations faites comparativement avec un pyromètre à air et avec un *pyromètre optique* (1) ont conduit à l'installation d'une table pyrométrique qui permet la graduation d'une boussole de tangentes, de telle sorte qu'on puisse déduire immédiatement des déviations de l'aiguille l'évaluation de la température.

Le pyromètre thermo-électrique a reçu récemment une installation tout à fait pratique, et, sous cette nouvelle forme, il a pénétré dans l'industrie pour indiquer d'une manière formelle le point de fusion de certains alliages exploités sur une large échelle (2). On a reconnu l'immense avantage d'un tel indicateur sur tous ceux qui étaient précédemment usités, et qui ne reposaient que sur des coutumes de métier.

Nous terminons en reproduisant un tableau qui donne certaines des températures déterminées par la méthode thermo-électrique, corrélativement avec celle fondée sur la dilatation des gaz, et également avec la nouvelle méthode pyrométrique optique de M. Edmond Becquerel. Ces températures correspondent à quelques points fixes placés entre les plus basses et les plus hautes températures que l'on puisse produire.

La thermo-électricité n'intéresse plus exclusivement la théorie, comme étant la manifestation de l'équivalence des forces physiques; elle puise un intérêt nouveau dans la possibilité qu'elle donne de mesurer avec autant de facilité que d'exactitude les températures prises dans toute l'étendue de l'échelle thermométrique, en même temps qu'elle permet de résoudre des questions relatives à la chaleur du globe et à la

(1) Appareil nouvellement imaginé dans ce travail par M. Edmond Becquerel.

(2) Usine de Laigle (fabrication des épingles).

	°
Ébullition du protoxyde d'azote	— 87,9
Fusion du mercure	— 38,5
Glace fondante	0
Ébullition de l'eau à $0^m,760$ de pression	100
Fusion de l'étain	217,6
— du bismuth	257,5
— du plomb	310,8
— du cadmium	315,8
Ébullition du mercure à $0^m,760$ de pression	358,5
Ébullition du soufre	448,2
— du zinc	891,0
Fusion de l'argent	916,0
— de l'or	1037,0
— du cuivre	1157,0
— du fer	entre 1350 et 1400
— du platine	entre 1460 et 1480
Arc voltaïque, charbon positif	limite supérieure, 2000 (température la plus haute obtenue dans ce travail).

Rédigé par Ernest Saint-Edme.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

M. A. Descamps. — *Sur les cyanures doubles analogues aux ferro et aux ferricyanures.* — L'action des cyanures alcalins sur les cyanures métalliques donne lieu, comme on le sait, à deux ordres de phénomènes bien distincts : tantôt on obtient de véritables cyanures doubles, tels sont ceux que forment le zinc, l'argent, avec le cyanure de potassium; tantôt, au contraire, il en résulte des sels alcalins, dont l'acide de nature complexe et organométallique est constitué par le métal intimement uni au cyanogène : les ferrocyanures et les ferricyanures en sont les meilleurs exemples. A ce dernier groupe on peut rattacher les cyanures doubles formés par le platine et par quelques métaux *de la classe du* fer : le manganèse, le chrome, le cobalt. L'étude *de ces composés* a déjà été commencée par Gmelin, Rammelsberg, et par M. Balard; mais ces chimistes n'ont examiné que les sels analogues aux ferricyanures. J'ai cru qu'il serait intéressant de compléter cette étude en cherchant à produire les composés analogues aux ferrocyanures. Peut-être même l'étude de ces corps permettra-t-elle de jeter quelque clarté sur la véritable constitution de ces acides si curieux, et d'expliquer enfin la différence d'action des cyanures alcalins sur les cyanures métalliques.

Mes premières recherches se sont portées sur le manganèse, et c'est le résultat de mes expériences que je désire communiquer à l'Académie.

On obtient le manganocyanure de potassium toutes les fois qu'on met une solution concentrée de cyanure de potassium, chauffée à 40 ou 50 degrés, en contact, soit avec du protoxyde de manganèse, du carbonate ou du cyanure de manganèse. Au bout d'une heure environ, la liqueur jaune qui en résulte, filtrée, abandonne par refroidissement des cristaux de manganocyanure de potassium. Ce sel est d'un violet très-foncé, cristallisé en tables carrées comme le ferrocyanure.

Il s'altère facilement au contact de l'air en absorbant de l'oxygène, et se décompose en manganicyanure et en sesquioxyde de manganèse. On le conserve aisément dans les eaux mères au sein desquelles il a cristallisé. Desséché avec soin et renfermé dans des tubes, on peut le garder sans qu'il se décompose.

Sous l'action de la chaleur et au contact de l'air, il se décompose en sesquioxyde de manganèse et en cyanate de potasse, comme le fait le cyanoferrure.

Une solution de potasse le décompose en donnant du protoxyde de manganèse et du cyanure de potassium. . . . . . cette solution est jaunâtre; avec les sels de zinc, elle donne un précipité violet, tandis que le manganicyanure donne un précipité rose avec les mêmes sels : ce caractère permet de distinguer leurs solutions. Le manganocyanure de plomb est un précipité jaune, qui m'a permis de préparer l'acide manganocyanhydrique en le décomposant par l'hydrogène sulfuré.

Le manganocyanure de potassium a pour formule



$$MnCy^3 \left\{ \begin{matrix} K, \\ K. \end{matrix} \right.$$

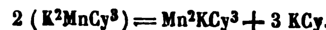
L'action de l'eau sur ce sel est assez intéressante : il commence par se dissoudre, puis la liqueur se trouble en quelques instants et laisse bientôt déposer un précipité vert; l'eau retient du cyanure de potassium.

Ce précipité vert, analysé, m'a présenté la composition suivante :



$$Mn^2KCy^3 = MnCy^3 \left\{ \begin{matrix} K, \\ Mn. \end{matrix} \right.$$

La décomposition du manganocyanure par l'eau pourrait donc s'exprimer par l'équation suivante :



$$2\,(K^2MnCy^3) = Mn^2KCy^3 + 3\,KCy.$$

Ce composé vert s'obtient encore de plusieurs manières : d'abord en versant goutte à goutte un acide dans le manganocyanure; un excès d'acide le redissout. On le forme aussi en traitant un sel de manganèse par le manganocyanure, ce qui permet de le considérer comme un manganocyanure de manganèse et de potassium :



$$MnCy^3 \left\{ \begin{matrix} K, \\ Mn, \end{matrix} \right.$$

analogue au ferrocyanure de fer (ferrosum) et de potassium, composé blanc qu'on obtient par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le ferrocyanure, ou bien encore en traitant un sel ferreux par le ferrocyanure.

Je citerai enfin un dernier mode de préparation de ce composé vert, d'autant plus précieux, qu'il me permet maintenant de préparer le manganocyanure de potassium sans la moindre difficulté. Il consiste à verser un sel de manganèse en léger excès dans une solution concentrée de cyanure de potassium. Il se forme un précipité vert qu'on peut laver par décantation. Ce sel est très-soluble dans le cyanure de potassium, et si la solution est suffisamment concentrée, elle abandonne par refroidissement le manganocyanure cristallisé. Ce dernier procédé de préparation du manganocyanure est très-rapide et d'une exécution facile. Il faut avoir soin d'opérer sur des solutions de cyanure alcalin très-concentrées; car ce sel étant fort altérable, la concentration des liqueurs par le feu le décompose en manganicyanure et en sesquioxyde de manganèse.

Le sel vert dont je viens de parler est insoluble dans l'eau, altérable à l'air humide; mais desséché à 100 degrés, il se conserve très-bien. Il est décomposé par les acides étendus, avec dégagement d'acide cyanhydrique.

Si l'on fait passer un courant de chlore dans une solution de manganocyanure, on obtient, comme produit principal de la réaction, le manganocyanure de potassium; l'hydrogène sulfuré est sans action sur le manganocyanure et ramène à cet état une solution de manganicyanure.

Ces travaux ont été exécutés dans le laboratoire de M. Fremy, au Muséum. Qu'il me soit permis, avant de terminer, d'adresser ici mes remercîments sincères à mon professeur, dont la bienveillance et les bons conseils ne m'ont jamais fait défaut depuis mes débuts en chimie.

Armand Descamps.

BULLETIN DES COURS.

Nous extrayons quelques passages du discours prononcé par M. Glénard, directeur de l'École de médecine de Lyon, à la séance solennelle des facultés de cette ville :

Au XVIIIe siècle, la doctrine des quatre éléments d'Aristote commande toujours. Si vous en doutez, lisez Buffon, et vous verrez s'il lui est resté fidèle. Lorsqu'il veut expliquer l'origine des pierres calcaires, ne dit-il pas qu'elles sont le produit de la transformation de l'eau en pierre par les organismes végétaux ? Et ailleurs ne cherche-t-il pas à prouver que « le végétal n'est » presque entièrement composé que d'air et d'eau transformés » en bois, substance solide qui se réduit ensuite en terre par la » combustion et la putréfaction ; que les animaux fixent et trans- » forment, non-seulement l'air et l'eau, mais le feu en plus » grande quantité que les végétaux. » Pour qu'il ne reste pas de doute, lisez plus loin, vous trouverez cette conclusion : « La » chaleur, l'air, l'eau, sont donc les degrés par lesquels on des- » cend du haut de l'échelle de la nature à sa base, qui est la » terre fixe ; et ce sont en même temps les seuls principes que » l'on doive admettre et combiner pour l'explication de tous les » phénomènes. » . . . .

On ne peut être, je crois, plus explicite. Et cependant, lui aussi, Buffon, avait eu son moment d'erreur et d'infidélité : n'avait-il pas imaginé son système de molécules organiques, c'est-à-dire de molécules toutes spéciales, sorte d'élément nouveau destiné à concourir avec les autres à la production des êtres organisés ? Cela ne l'empêche pas de professer encore la doctrine d'Aristote, et cela, circonstance bien remarquable, au moment où elle va être emportée par la révolution qui est sur le point de s'accomplir dans la science de la nature. On dirait vraiment que cette doctrine, au moment de s'éteindre, a voulu que ses derniers rayons passassent par Buffon, pour qu'ils en reçussent plus d'éclat.

Mais tout à coup l'empire de l'antique doctrine s'écroule, et sur ses ruines, à sa place, s'élève une théorie nouvelle ; théorie qui donne des choses de la nature une conception si subite et si simple à la fois, qu'on la dirait une révélation. Cette doctrine, c'est l'œuvre de la chimie ; de la chimie, qui vient enfin de se constituer comme science ; de la chimie, dont les germes dès longtemps semés, mais cultivés activement, surtout depuis trois siècles, attendaient pour éclore les rayons d'un puissant génie, de notre immortel Lavoisier. . . . .

Mais ce n'est pas tout, là ne s'est pas bornée l'œuvre de la chimie. Elle a fourni au biologiste et au médecin, sur les choses qu'ils ont besoin de savoir, bien d'autres notions non moins importantes, non moins essentielles ; des notions sans lesquelles la science de la vie, la science de l'homme, n'auraient pu se constituer ni se développer.

L'être vivant, personne ne l'ignore, ne peut subsister qu'à certaines conditions. Pour qu'il vive, pour qu'il se développe ou seulement se maintienne, il faut qu'il respire, il faut qu'il se nourrisse. Ce sont là deux conditions indispensables à son existence. La respiration, la nutrition, sont donc deux actes, deux fonctions nécessaires par lesquelles se manifeste et s'exerce la vie. Il importe évidemment de les étudier si l'on veut arriver à connaître la vie, à comprendre ses lois.

Mais c'est là une étude bien difficile, bien compliquée et qui abonde en problèmes de toutes sortes. L'animal se nourrit, c'est-à-dire il consomme, il mange des aliments ; ces aliments sont d'une nature très-diverse, souvent même très-différente de la sienne. Comment peut-il se les assimiler, en faire sa propre substance ? Le lion s'élance sur sa proie, il la saisit, il la dévore ; c'est de la chair sanglante qu'il consomme ainsi. On comprend jusqu'à un certain point qu'elle puisse se transfuser en quelque sorte dans son corps. Mais ce troupeau qui se nourrit seulement de l'herbe de la prairie ; l'habitant de nos montagnes qui se contente de pain ; ces populations qui ne vivent que de riz ou fruits, où trouvent-ils la matière de leur sang, de leur chair, leurs os ? Dirons-nous avec Anaxagore de Clazomène, que to est dans tout ; que, par conséquent, dans le pain, dans les fruit il y a des atomes de sang, de muscles, d'os ?

La plante aussi se nourrit. Où prend-elle ses aliments ? C grain de blé que nous jetons sur le sol et auquel nous pouvons n donner que de l'air, de l'eau, de la terre, comment avec ce matériaux va-t-il produire une tige, des feuilles, un épi ? Et ce arbre gigantesque plusieurs fois séculaire, où a-t-il pris la ma tière de son énorme développement ?

L'animal, la plante, respirent ; il leur faut de l'air. A quoi ser cet air ? Quelle action exerce-t-il sur leur organisme ?

Ces questions sont les premières qui se présentent à l'esprit ; mais combien je pourrais en énoncer bien d'autres.

Qui résoudra ces problèmes, qui pénétrera ces mystères ? La chimie. Oui, la chimie seule. Car, de même que le microscope fait apparaître à nos yeux tout un monde d'infiniment petits qui resterait à jamais ignoré sans lui, de même la chimie révèle à notre esprit tout un ensemble de notions qu'il ne pourrait acquérir sans son aide.

Or, la nutrition, la respiration, ces fonctions si capitales de la vie, que sont-elles au fond, sinon des mouvements de composition, de combinaison, de décomposition, par lesquels se constitue ou se modifie, se détruit ou se renouvelle incessamment la substance de l'être vivant ? Ce sont donc des actes tout chimiques qui s'accomplissent sous la présidence de la vie, et qui produisent des faits, des phénomènes tout chimiques aussi. A ce titre, ils appartiennent évidemment au champ de l'observation chimique ; c'est là seulement qu'ils peuvent être perçus, étudiés et compris.

Aussi je ne crains pas de l'affirmer, l'explication de ces fonctions, l'intelligence des faits qui en résultent, des phénomènes qui en dépendent, eussent été impossibles sans l'intervention de la chimie. Et je ne suis pas seul à penser ainsi ; car, avant moi, M. Littré a dit : « Tant que la chimie n'existe pas ou n'est que » rudimentaire, la vie végétative est lettre close pour les hom- » mes les plus habiles. »

C'est, du reste, un fait qui ressort clairement de l'histoire de la science. Qu'on la consulte, en effet ; qu'on examine l'état de nos connaissances jusque vers la fin du siècle dernier, et l'on verra que ces grandes questions, ces grands problèmes dont nous nous occupons, constituaient une sorte de domaine réservé, domaine qui était resté fermé à tous ; et si bien fermé, que le grand Haller, le physiologiste le plus érudit du XVIIIe siècle, malgré son génie, n'avait pu y pénétrer.

Mais, à ce moment, la chimie arrive et entre dans la carrière : alors se découvre la composition des corps bruts et des corps vivants ; alors se révèle la nature des rapports qui rattachent la substance des êtres à la matière brute ; puis Lavoisier prononce cette grave et solennelle parole : La respiration est une combustion ; et Priestley ajoute que la plante améliore l'air corrompu, exprimant ce grand fait, que la respiration des plantes est une réduction, c'est-à-dire le contraire de celle des animaux. Alors, comme dans un livre dont le texte effacé aurait été subitement rétabli, on lit clairement dans le livre de la vie. Le domaine, jusque-là fermé, s'ouvre enfin, et la foule des chercheurs s'y précipite sur les pas du chimiste. On le fouille dans tous les sens avec ardeur, on en remue le sol profondément, on l'exploite avec intelligence et méthode ; les découvertes s'y pressent, les matériaux ne tardent pas à s'y accumuler. Aussi, bientôt sous la main d'ouvriers nombreux et divers, mais parmi lesquels on reconnaît toujours et surtout le chimiste, on voit peu à peu surgir un imposant édifice. Cet édifice, c'est la biologie qui s'élève.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 21 — 25 AVRIL 1868

RÉUNION ANNUELLE DES SOCIÉTÉS SAVANTES (1).

M. ÉMILE BLANCHARD
(de l'Institut).

Rapport sur les travaux scientifiques.

Messieurs,

Nos réunions datent de peu d'années, et elles font aujourd'hui si bien partie de nos habitudes, qu'il suffirait de s'en rapporter à des impressions personnelles, pour croire leur institution déjà fort ancienne. Des savants que leur situation oblige à vivre éloignés les uns des autres éprouvent dans ces réunions la joie de resserrer les liens de confraternité, en même temps qu'ils apprécient l'avantage de s'entretenir des sujets d'étude dont leur esprit est préoccupé. Pour les membres du Comité, c'est une satisfaction vive que de suivre de près le mouvement scientifique de la France entière, et d'avoir une occasion de mettre en relief les travaux qui méritent le mieux d'être encouragés. Ces réflexions viennent naturellement à la pensée, après un examen de publications des membres des sociétés, qui nous conduit, comme cette année, à vous signaler des résultats d'une importance incontestable.

Jamais l'entraînement vers les études relatives à la météorologie, ou plutôt à la physique du globe, ne s'est manifesté avec autant d'énergie qu'à notre époque. En effet, plus on avance, plus l'intérêt grandit, car des règles générales apparaissent, des influences qu'on n'avait pas encore soupçonnées deviennent évidentes. En multipliant les observations à l'infini, en consignant les faits avec la rigueur extrême qu'impose la science dans toutes les questions, on marche presque certainement à la découverte de quelques grandes lois naturelles. L'espoir de contribuer à un résultat de ce genre doit suffire à exciter le zèle des hommes patients, qui notent les variations de la température, les changements dans la pression atmosphérique et dans la direction des vents, ou qui mesurent les quantités de pluie tombées en des endroits déterminés.

Depuis longtemps un membre de l'Académie des sciences et belles-lettres de Montpellier, M. Charles Martins, poursuit des observations de météorologie qui se distinguent par leur caractère. M. Martins ne s'occupe pas simplement de prendre note à des heures fixes du jour et de la nuit de la température et de la pression barométrique, ou de reconnaître la quantité de pluie tombée. Les études sur la physique du globe portent plus loin pour ce véritable savant. Un point de vue détermine l'entreprise d'une série d'expériences ; des faits étant constatés, on en tire une explication de certains phénomènes relatifs à la vie des plantes, quelquefois des animaux ou de l'homme lui-même.

Par une suite d'observations rigoureuses, M. Martins s'est assuré que pendant les nuits sereines, il existe un accroissement de température depuis la couche d'air inférieure jusqu'à une hauteur de plus de 50 mètres, la température de la surface du sol demeurant néanmoins un peu supérieure à celle de la couche qui la recouvre. Les résultats des expériences de l'auteur, comparés à des remarques déjà faites sur divers points de l'Europe, établissent la généralité du phénomène. Pendant le jour, la terre, échauffée par le soleil, échauffe à son tour l'air par contact ; pendant la nuit sereine, elle le refroidit graduellement par son rayonnement vers les espaces célestes. Ces faits connus, on voit tout de suite combien seraient peu comparables des observations météorologiques, si les stations étaient différemment situées, si les instruments n'avaient point été placés à la même hauteur. Après les expériences de M. Martins, on s'explique aussitôt comment des végétaux atteints par la gelée dans les bas-fonds sont épargnés sur des éminences ; comment des graines en terre conservent leur vitalité malgré une température de l'air assez basse pour les faire périr.

Jamais dans ses études de météorologie, aujourd'hui si nombreuses, M. Martins ne manque d'apprécier l'influence des circonstances atmosphériques. Ici, il détermine par des procédés scientifiques les causes du froid sur les montagnes, et le mode d'échauffement du sol qui favorise le développement rapide de la végétation si variée des régions alpines ; là, il examine sur l'homme et les animaux l'effet de l'agitation de l'air.

Les recherches récentes que nous devons à M. Martins ont été faites en grande partie au Jardin des plantes de Montpellier, et le Comité a jugé que ces travaux de date récente étaient dignes d'une médaille d'or.

Mais pourrions-nous oublier un seul instant que ces études de météorologie du savant professeur de Montpellier sont venues après une foule de travaux d'un ordre élevé. Parmi ces travaux, ceux qui ont pour objet la physique du globe forment un magnifique ensemble.

Autrefois M. Martins a étudié, dans ses rapports avec la végétation, le climat d'Hyères, qu'on cite parfois aux étrangers avec une sorte d'orgueil, si l'on est contrit de subir les intempéries assez ordinaires dans la plus grande étendue de la France. Il a observé aussi avec un grand soin la distribution des plantes sur le mont Ventoux.

(1) Séance solennelle tenue à la Sorbonne, le 18 avril, sous la présidence de S. Exc. M. le Ministre de l'instruction publique. — Voyez, page 343, un fragment du discours prononcé par M. Duruy.

officier, Jules de Blosseville, sur lequel la marine et la science fondaient de légitimes espérances; de l'expédition de la corvette *la Recherche*, envoyée sur les côtes d'Islande, au Spitzberg et au Groenland pour en découvrir la trace; enfin de la commission scientifique du Nord attachée à l'expédition et présidée par M. Paul Gaimard, célèbre par ses nombreux voyages. M. Martins a été un des membres les plus actifs de cette commission scientifique. Il a, de la sorte, enrichi la science d'intéressantes remarques sur la végétation des côtes septentrionales de la Norvége et de l'archipel des Feroë, comparée à celle des Shetland et de l'Islande méridionale, en même temps que d'observations sur les circonstances par lesquelles certains végétaux ont pu être portés aux îles Feroë. De cette exploration des pays du Nord, la Laponie, le Spitzberg, il a rapporté des déterminations de la température de la mer à de grandes profondeurs, des observations barométriques faites en commun avec son ami Auguste Bravais, qui a été aussi l'ami de plusieurs d'entre nous, et des études sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux de la Suisse.

Le temps ne me permettrait pas de faire même la plus simple mention de tous les travaux de M. Martins, ni de parler de ses recherches sur le Faulhorn avec Bravais, ou de ses observations sur les glaciers en général; mais je ne puis me résoudre à passer entièrement sous silence un acte considérable.

Au mois d'août 1787, Benedict de Saussure avait fait la première ascension du Mont-Blanc; ascension à jamais célèbre, non-seulement par l'immense difficulté vaincue pour la première fois, mais aussi par des résultats scientifiques saisissants. Le succès de Saussure fit concevoir à diverses personnes le désir de s'élever jusqu'à la cime de la grande montagne, la *Montagne maudite*, comme on l'appelait autrefois.

De 1787 à 1843, il y eut vingt-sept ascensions, mais la recherche scientifique n'était pas le but de ceux qui entreprenaient le pénible voyage. Se donner la jouissance d'un spectacle grandiose et étrange, montrer son énergie, son audace, la ferme résolution qui fait supporter les plus rudes fatigues et affronter le péril, suffisaient à peu près à l'ambition de la plupart au moins de ceux qui avaient réalisé l'entreprise.

Une ambition de ce genre n'était suffisante ni pour M. Martins, ni pour son ancien compagnon de voyage en Laponie, Auguste Bravais. Ces savants, songeant aux progrès des sciences physiques et naturelles comme au perfectionnement des instruments accomplis depuis l'époque de Saussure, rêvaient de renouveler les expériences de l'illustre savant de Genève et d'en tenter de nouvelles. Leur désir connu d'un ministre dont l'esprit était séduit par toute idée grande (1), on eut bientôt le moyen de réaliser le grand projet, et le 31 juillet 1844 s'effectuait la seconde ascension scientifique du Mont-Blanc par MM. Bravais, Martins et Lepileur.

Pour compléter cet aperçu de l'ensemble des travaux sur la physique du globe que nous devons à M. Martins, il faudrait citer encore ses observations de météorologie et de géographie botanique sur les côtes de Syrie et d'Égypte, et dans nos possessions d'Afrique jusqu'au Sahara oriental. Mais le temps me presse, et

(1) M. Villemain. — M. Pouillet et M. Nisard avaient eu connaissance du projet; l'homme de science et l'homme de lettres s'y intéressèrent et en firent part au ministre.

de l'Europe ou les hautes montagnes, et qu'un jour, ayant rep[...] une question d'anatomie traitée par notre grand Vicq d'Az[...] la *comparaison des membres chez l'homme et les animaux su[...]rieurs*, il a montré une fois de plus son talent d'observat[...] et le tour ingénieux de son esprit.

Personne de notre temps n'a fait preuve de connaissan[...] aussi variées que M. Charles Martins. Et il ne s'agit pas ici [...] la science qui consiste à connaître un grand nombre de fai[...] parce qu'on a beaucoup lu et beaucoup retenu, mais de l'i[n]vestigation qui laisse partout son empreinte.

En parlant des travaux de M. Martins, je me suis senti heu[...]reux d'être l'interprète du Comité, car je sais bien qu'à ce[t] égard, tout éloge est ratifié d'avance par l'opinion de tou[s] ceux qui, de près ou de loin, applaudissent à de nobles efforts quand ces efforts ont mis en lumière quelques vérités nouvelle[s].

M. Charles Martins, c'est le traducteur des œuvres scientifiques de Gœthe; c'est le physicien habile, le naturaliste ingénieux, à la fois géologue, botaniste, zoologiste, anatomiste; c'est l'écrivain goûté de la *Revue des deux mondes*; c'est le voyageur qui profite en maître de toutes les situations où il se trouve pour servir utilement la science; c'est l'explorateur de quelques-unes de nos plus hautes montagnes. Cette activité tournée de tant de côtés divers, et partout avec succès, force notre esprit à une comparaison. Pourrait-on résumer d'une manière bien différente les titres du savant presque universel, la gloire de l'Allemagne, Alexandre de Humboldt, qui a joui d'une immense renommée, due sans doute à un vrai mérite, mais grandie encore par une brillante situation personnelle? Aussi, en présence des mérites que nous venons de rappeler, il suffirait de s'oublier un moment pour être tenté de reprocher à notre compatriote, M. Ch. Martins, de n'avoir pas été un peu grand seigneur, tant il semble qu'il ne lui a pas manqué autre chose pour jouir d'une des brillantes célébrités de ce monde.

— On le sait, les personnes qui se vouent aujourd'hui à l'étude de la météorologie de la France sont en très-grand nombre, et l'on remarque beaucoup l'activité et les entreprises du docteur Fines, de la Société scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales. Nous n'entrerons dans aucun détail sur les travaux du docteur Fines, comme un mémoire sur la *distribution des pluies dans les Pyrénées-Orientales* et des *Recherches sur les coïncidences entre certaines affections et les conditions atmosphériques*, car notre intérêt est plus vivement excité d'un autre côté. Dans un pays voisin, assez souvent des particuliers organisent des expéditions, installent des observatoires à leurs frais. En France, un acte de ce genre, accompli même dans de minimes proportions, est un phénomène; aussi a-t-on appris avec joie que le docteur Fines, sans faire appel à personne, avait organisé dans son département une dizaine de stations météorologiques qu'il a pourvues de tous les instruments nécessaires.

Une de nos médailles est attribuée à M. Fines.

— Parmi les travaux de nos physiciens des départements, le Comité a surtout distingué, cette année, ceux de M. Lallemand, de l'Académie de Montpellier. Des études sur les attractions et les répulsions que des courants d'induction exercent sur des courants de même nature, ou sur des courants d'intensité constante, ont été fort remarquées. On a aussi beaucoup apprécié l'invention d'un appareil délicat, d'un emploi très-

avantageux pour mesurer les plus faibles intensités des actions réciproques des courants continus. Des recherches récentes de M. Lallemand, sur la distance de la vision distincte dans les instruments d'optique, se distinguent encore par leur caractère de précision.

Une médaille d'argent sera décernée à M. Lallemand.

— Les géologues n'ont pas ralenti la poursuite de leurs études depuis l'année dernière. Différentes régions de la France sont toujours l'objet de recherches assidues.

La Carte géologique du département de la Haute-Marne, que l'on doit à MM. Jules Barotte et Ernest Royer, a reçu en particulier un excellent accueil de la part des meilleurs juges. Pour les études de géologie, le département de la Haute-Marne s'est trouvé, au reste, singulièrement favorisé. Un ingénieur des mines, M. Duhamel, avait à peu près terminé la carte de ce département, lorsqu'il vint à mourir. L'administration des mines ne voulut pas laisser perdre un semblable travail, et, avec le concours de M. de Chancourtois, notre illustre géologue M. Élie de Beaumont se chargea de publier la carte dressée par M. Duhamel.

MM. Royer et Barotte, habitant le pays, ont pu se livrer à de très-longues investigations pour en bien connaître les terrains. Aussi leur carte se distingue par le fini des détails, par le soin scrupuleux apporté non-seulement à la séparation des étages, mais encore des couches de terrains. Un beau travail a été exécuté, et c'est à l'honneur des deux auteurs; mais le travail exécuté réclamait un moyen de publication : le moyen a été fourni par le conseil général de la Haute-Marne, qui s'est acquis de la sorte un titre à la gratitude du monde savant.

Dans une vaste plaine, à une faible distance de la ville de Lyon, s'élève un groupe de montagnes; par allusion à la richesse de la contrée, on appelle ce massif le *mont d'Or lyonnais*. Des sommets, l'observateur peut suivre le cours du Rhône et de la Saône, apercevoir le Mont-Blanc, une partie des Alpes de la Savoie et du Dauphiné, jouir du spectacle imposant de grands mouvements du sol, spectacle bien propre à faire naître la pensée d'étudier la constitution de notre écorce terrestre. Le mont d'Or lyonnais avait déjà été l'objet des recherches de divers géologues; mais, MM. Albert Falsan et Arnould Locard, profitant des avantages qu'offrait pour eux le voisinage du massif, en ont fait une étude beaucoup plus complète que tous leurs devanciers. Après un aperçu général sur la géographie de ces montagnes, sur leurs soulèvements, sur leur régime hydrographique, les auteurs ont décrit avec un soin particulier les divers étages de terrains, leurs caractères minéralogiques et leurs fossiles, qu'ils ont considérés dans leur distribution géographique. Ce travail important, sur une localité restreinte, se recommande par un ensemble de détails consignés avec précision. Il a été publié par la *Société d'agriculture, d'histoire naturelle et des arts utiles de Lyon*, l'une des compagnies savantes les plus fécondes de cette ville, où l'activité scientifique se manifeste chaque jour davantage.

Une médaille d'argent sera décernée aux deux auteurs de la *Monographie géologique du mont d'Or lyonnais*, ainsi qu'aux auteurs de la Carte géologique du département de la Haute-Marne.

— On éprouve toujours de la sympathie pour l'auteur qui montre une grande persévérance dans l'étude d'un sujet. Cette persévérance frappe l'esprit, comme le signe d'une conscience ferme, comme l'indice d'une vie austère, ou au moins d'une pensée dirigée vers un but élevé. Personne, sans doute, ne justifie mieux cette remarque que l'un des membres fondateurs de la Société académique de Maine-et-Loire, M. Boreau. Depuis près d'un demi-siècle, M. Boreau étudie les végétaux d'une région de la France. Tout récemment, ce botaniste a publié les résultats d'un nouvel examen des caractères des espèces de plusieurs familles de plantes. Après avoir donné, il y a un peu plus de quarante ans, une flore du centre de la France, et ensuite un catalogue de plantes du département de Maine-et-Loire, M. Boreau n'a pas cessé un instant de travailler à rendre son œuvre plus parfaite. Les botanistes se plaisent à reconnaître qu'on lui doit de précieuses observations sur les végétaux, que son concours a été des plus utiles aux auteurs de la *Flore de la France*.

Une marque de haute estime sera donnée à M. Boreau.

— Il est une Société savante, dont la fondation ne remonte guère au delà d'une douzaine d'années, et qui déjà nous a accoutumé à lui décerner des éloges. Avec une activité extrême, unie à un savoir véritable et à un sens juste, M. Le Jolis est parvenu rapidement à donner de l'importance à la Société des sciences naturelles de Cherbourg. Les noms de plusieurs membres de cette compagnie savante ont été proclamés dans nos précédentes réunions, et la liste des plus recommandables n'a pas été épuisée. M. Bornet, qui appartient à la Société de Cherbourg, a paru engagé dans une excellente voie de recherches. Il s'est trouvé, il est vrai, à si bonne école, qu'on ne s'en étonnera pas. Il a travaillé avec M. Thuret, célèbre depuis plus de vingt ans par ses magnifiques travaux sur les végétaux inférieurs. C'est aussi sur les plantes marines que M. Bornet a dirigé ses études.

Parfois les personnes qui visitent les côtes de la Normandie et de la Bretagne, à l'époque des grandes marées, s'arrêtent ravies à l'aspect de plantes d'une élégance étrange, parées de couleurs variées, depuis la plus douce nuance des roses jusqu'aux riches teintes pourpres ou violacées : on appelle ces algues si belles, les *Floridées*.

Ces végétaux, doués d'une organisation plus parfaite que les autres plantes marines, offrent cette singularité d'avoir deux sortes de fructification sur des individus distincts. On leur trouve dans de petites capsules remplies d'agglomérations de spores, des vésicules hyalines dont le rôle était resté absolument indéterminé. Des observations délicates ont conduit M. Bornet, avec le concours de M. Thuret, à les reconnaître pour les corpuscules fécondateurs.

M. Bornet recevra la même marque d'estime que M. Boreau.

Parmi les récompenses du premier ordre que M. le Ministre décerne aujourd'hui aux auteurs des travaux scientifiques les plus recommandables publiés en 1867, il en est une qui est attribuée à un officier supérieur de la marine, M. Henri Jouan, pour des études d'une nature toute spéciale. On verra si cette récompense est bien placée.

Autrefois la marine a rendu aux sciences d'immenses services, et ces services ne sont pas oubliés. On se souvient toujours avec un certain sentiment d'orgueil national des expéditions envoyées à la découverte vers les terres les moins connues. Un navire commandé par d'Entrecasteaux est envoyé à la recherche de la Pérouse, et c'est une occasion de servir la science, le naturaliste Labillardière est embarqué. Baudin quitte la France, et pour que des travaux scientifi-

ques répandent plus d'éclat sur son voyage, les savants Péron et Lesueur l'accompagnent. Il y a un arrêt au commencement de ce siècle, mais la paix rétablie, on songe assez justement que la France pourra encore trouver honneur et grandeur, par des expéditions scientifiques solidement organisées qui procureront de belles découvertes. Ainsi dès 1817, Freycinet entreprend son voyage autour du monde sur la corvette *l'Uranie*, puis Duperrey avec la corvette *la Coquille*, puis Laplace avec la *Favorite* et Dupetit-Thouars avec la *Vénus*, puis Dumont-d'Urville avec l'*Astrolabe*, et avec l'*Astrolabe* et la *Zélée* dans sa dernière expédition, où pour la gloire de la France il découvre la terre Adélie. Ces navigateurs, animés de l'ambition de servir la science, sont souvent cités parmi nous, ainsi que les membres du service de santé de la marine, devenus célèbres par leurs recherches d'histoire naturelle, Lesson, Gaudichaud, Quoy, Gaimard, et bien d'autres encore.

On regrette parfois aujourd'hui que la marine ne prête plus son concours à la science, et l'on a raison de le regretter, car les connaissances actuelles permettraient de réaliser de grandes choses dans des explorations lointaines.

Aussi les naturalistes ont suivi avec un intérêt extrême les recherches de M. le commandant Jouan, qui n'a pas manqué une seule occasion d'observer beaucoup dans toutes les contrées peu connues où il a pu séjourner.

Pendant les années 1861 et 1862, M. Jouan est à la Nouvelle-Calédonie; il en rapporte une étude générale de toutes les productions naturelles, qui contribue singulièrement à nous éclairer sur les rapports de ce pays, avec les différentes îles de l'océan Pacifique. Il y a trois ans, dans cette Sorbonne même, il a tracé un tableau si saisissant de la nature sur cette terre lointaine, qu'après la séance, plusieurs des auditeurs, je crois, n'étaient pas bien sûrs de n'avoir pas visité eux-mêmes la Nouvelle-Calédonie.

Dans chacune de ses traversées de l'Atlantique, M. Jouan recueille des observations sur les animaux qui vivent en pleine mer. Dans la Polynésie, il s'occupe de l'origine et de la provenance des végétaux qui croissent dans les îles du grand Océan. A la Nouvelle-Zélande, il étudie les bois susceptibles d'être utilisés par l'industrie ou employés dans les constructions navales. M. Jouan devient le chef d'état-major de l'escadre des mers de Chine et du Japon : il rapporte des observations intéressantes sur les typhons si redoutables aux navigateurs; il séjourne dans la basse Cochinchine, peu connue sous le rapport de ses productions naturelles, et il nous instruit d'une foule de faits sur le régime des eaux de ce pays, sur sa faune, sur les mœurs de ses habitants. L'année dernière, tout le monde s'en souvient, l'escadre commandée par l'amiral Roze se porte en Corée pour venger le massacre de quelques-uns de nos missionnaires : on sait si peu de chose de cette contrée, qu'au bruit de l'expédition inattendue, on veut savoir où est située et comment s'appelle la capitale de cet empire de Corée; on cherche sur toutes les cartes, mais aucune carte ne donne le renseignement. Il était difficile, on le pense, de voir en naturaliste un tel pays, énergiquement défendu par ses habitants; la difficulté cependant n'a pas été complète pour M. Jouan, et aujourd'hui nous possédons quelques indications précieuses sur les végétaux et les animaux les plus répandus en Corée.

Ainsi, au milieu des occupations d'un service actif, un marin doué d'un esprit élevé et épris de tout ce qui est beau et utile, ne cesse de se livrer à des études profitables à la science dont il ne peut attendre pour lui-même aucun avantage matériel. Le corps de la marine doit être fier de compter dans ses rangs un tel officier, si nous en jugeons par le sentiment que nous inspirent pour ce corps les travaux de M. Henri Jouan, dans un temps où les recherches sur les terres lointaines sont devenues trop rares.

Il y a plusieurs années, un membre de la Société d'histoire naturelle de Metz, M. Géhin, avait publié une remarquable étude des Insectes nuisibles aux arbres fruitiers. Il avait observé avec talent les mœurs et les métamorphoses d'une foule de ces petits êtres qui trop souvent mettent à néant les espérances des cultivateurs, et il avait recherché les moyens de combattre le mal. Quelques membres du *Comité* avaient regretté que ce travail fût de date trop ancienne pour prendre part à nos récompenses. M. Géhin vient de mettre au jour une consciencieuse étude des Poissons du département de la Moselle, et il s'est acquis de la sorte un nouveau titre.

Je ne songe pas à faire même la plus simple mention de tous les travaux de zoologie publiés par nos Sociétés savantes, mais je voudrais au moins citer les observations de M. Companyo (de Perpignan) sur des Cétacés échoués sur les côtes de la Méditerranée, et des recherches de M. Godron (de Nancy) sur les animaux sauvages qui habitaient autrefois la chaîne des Vosges. Par des débris retrouvés, et à l'aide de documents historiques, M. Godron nous montre dans les premiers siècles de la monarchie française, toute la chaîne des Vosges couverte d'une immense forêt et habitée par de grands animaux, notamment par une grande espèce de bœuf, le Bubale, aujourd'hui absolument détruit, mais qui existait peut-être encore à l'époque de Charlemagne, c'est-à-dire bien longtemps après la disparition de nos contrées de l'Aurochs ou Bison d'Europe. En lisant le mémoire de M. Godron, on est pris de l'envie de comparer la France actuelle avec la France d'autrefois, et malgré l'orgueil qu'inspire notre civilisation moderne, on pense avec une certaine satisfaction que la vie, sur le sol de notre pays dans son état primitif, avait un singulier caractère de grandeur.

Diverses recherches de MM. Estor et Saint-Pierre, de la Société de médecine et de chirurgie de Montpellier, ont vivement intéressé les physiologistes. On a surtout apprécié l'invention d'un appareil fort simple, mais d'un usage excellent pour doser les gaz contenus en dissolution dans le sang. Dans les expériences habituelles pour ce genre de recherches, les réactifs étant mis en contact avec le sang, des difficultés et des causes d'erreurs inévitables rendaient les résultats incertains. Avec l'appareil imaginé par MM. Estor et Saint-Pierre, tout embarras cesse. L'appareil consiste en un tube de verre recourbé et gradué : le sang est mis dans une branche du tube, les réactifs dans l'autre branche, et aucun contact ne vient gêner l'opération. C'est ainsi qu'une idée même très-simple amène un progrès.

Les ingénieuses expériences de MM. Estor et Saint-Pierre nous avaient conduit à Montpellier; d'autres recherches de physiologie nous ramènent à Lyon. Un membre de la Société des sciences médicales de cette ville, M. Chauveau, est l'auteur d'une série d'observations et d'expériences qui ont eu un véritable retentissement parmi les hommes d'étude. M. Chauveau est un des professeurs de l'École vétérinaire de Lyon, et dans une circonstance où il s'agit de faire apprécier le mouvement scientifique qui se manifeste en France, c'est un devoir, me semble-t-il, de rappeler cette situation. Autrefois

table, s'occupaient peu de recherches scientifiques. Tout est bien changé aujourd'hui à cet égard. Dans chacune de nos écoles vétérinaires, comme on a pu s'en convaincre dans nos précédentes réunions, des membres du corps enseignant se distinguent par des travaux scientifiques d'une haute portée (1).

Les recherches de M. Chauveau que j'ai à signaler ont trait à cette question de la vaccine et de la variole, à laquelle personne ne demeure étranger ; l'humanité entière y est intéressée. Ne reste-t-on pas saisi encore au récit des ravages causés en d'autres temps par la *petite vérole*, cette horrible affection qui faisait de si nombreuses victimes et infligeait à la beauté un outrage irréparable. L'inoculation introduite en Europe au XVIIIe siècle, d'après les indications recueillies à Constantinople par l'ambassadrice d'Angleterre, lady Wortley Montagu, était déjà un grand bienfait au moment où la découverte de la vaccine préparait un bienfait plus grand pour l'humanité et un triomphe pour la médecine. Tout le monde connaît un peu l'histoire de cette découverte. En plusieurs pays, on remarque avec surprise que les gens chargés de traire les vaches et ayant contracté des pustules aux mains sont exempts de la petite vérole. Jenner, un médecin qui est aussi un naturaliste, un ancien élève de l'illustre John Hunter, un homme accoutumé à l'expérience et à l'observation, voit plus loin que les autres, et la bonne nouvelle est annoncée à la terre entière.

Au temps de Jenner, on avait cru reconnaître une sorte d'identité entre une affection du cheval, le *cow-pox*, et la vaccine. La question sommeilla de longues années; reprise par M. Henri Bouley, inspecteur général des écoles vétérinaires, et portée devant l'Académie de médecine, elle devint l'objet d'une discussion qui a déterminé l'entreprise des recherches de M. Chauveau.

Les nombreuses expériences de ce physiologiste ont mis hors de doute ce fait important, que la vaccine donnée des animaux à l'homme, puis de l'homme aux animaux de l'espèce bovine ou de l'espèce chevaline, et de nouveau reportée à l'homme, conserve toujours son caractère et ses propriétés ; que la variole transmise de la même manière ne change pas de nature ; qu'ainsi la vaccine et la variole sont deux affections distinctes, incapables de se transformer. On s'est beaucoup préoccupé de savoir si la vaccine pouvait se produire d'une façon en quelque sorte spontanée, ou dans le cas, par exemple, où des particules de vaccin auraient pénétré dans l'organisme. Afin d'essayer de résoudre la question, M. Chauveau a introduit du vaccin dans le système vasculaire de différents animaux; après cette inoculation, l'éruption s'est presque toujours manifestée.

Le vaccin est formé d'une sérosité et de corpuscules solides. M. Chauveau a conçu l'heureuse idée de s'assurer si les propriétés du vaccin appartenaient à l'un ou à l'autre de ces éléments, ou à tous les deux à la fois. L'expérimentateur ne se laissa pas rebuter par l'incroyable difficulté d'opérer la séparation parfaite des deux éléments, et il est arrivé à démontrer que l'activité du vaccin réside uniquement dans ses corpuscules ayant un peu d'eau pour véhicule ont donné le même résultat que si elles avaient été faites avec du vaccin pur, tandis que la sérosité seule est toujours demeurée sans effet.

Je n'ai pas besoin de dire tout ce que de semblables recherches, qui seront continuées, exigeaient de patience, d'habileté, de sagacité, de la part de l'expérimentateur. M. Chauveau a fait preuve au plus haut degré de toutes ces qualités. On lui décerne une médaille d'or; la récompense est bien donnée.

J'ai achevé ma tâche. Un tel rapport ne semble pas comporter de conclusion générale, et cependant il en est une qui se dégage, c'est que dans le pays où les études scientifiques sont poursuivies presque partout avec l'activité dont nous venons de citer beaucoup d'exemples et poursuivies souvent avec de tels succès, la science accomplirait de grandes choses si elle disposait de grands moyens d'action.

ÉMILE BLANCHARD,

Secrétaire de la section des sciences du Comité des travaux historiques et des Sociétés savantes, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

(1) M. Lavocat, directeur de l'École vétérinaire de Toulouse, et M. Baillet, aujourd'hui professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, ont reçu l'un et l'autre une médaille du Comité, le premier en 1864, le second en 1866.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE MULHOUSE.

M. J. DELBOS.

Les Organismes microscopiques inférieurs; leur importance géologique.

I

Mesdames, Messieurs,

Je me propose de vous entretenir des êtres les plus simples, les plus humbles, les plus chétifs de la création terrestre ; de ces êtres qui composent le monde des infiniment petits, si exigus, que presque tous échappent à la vue simple, et cependant si répandus, qu'il n'est presque aucun lieu de la surface de notre globe qui n'en soit abondamment peuplé.

Vous comprendrez sans peine l'intérêt qui s'attache à ces petits organismes. Autour de vous, ils pullulent. L'eau des marais, des bassins, des fossés, des ornières, des gouttières, celle que vous oublieriez pendant quelques jours dans un vase ouvert, en fourmillent. Les limons vaseux des ruisseaux, des rivières, des embouchures, du littoral des mers, ces enduits muqueux qui se développent sur les pierres humides, sur celles qui sont constamment lavées par l'eau rapide des torrents, sont, pour ainsi dire, vivants. Sous toutes les latitudes, sous tous les climats, dans les eaux glacées comme dans les eaux thermales, dans les abîmes les plus profonds de l'Océan comme sur les montagnes les plus élevées, les parties les plus ténues des sédiments et de la terre végétale en montrent une exubérance incroyable.

Lorsque, au XVIIe siècle, les premiers naturalistes qui se servirent du microscope, Leuwenhoeck, Swammerdam, Malpighi, les entrevirent avec leurs instruments encore si imparfaits, ils furent émerveillés; ils se passionnèrent pour leur étude et leur vouèrent leur existence. Bien d'autres, depuis, ont fait comme eux.

La puissance de ces êtres est dans leur simplicité. Leur structure est si élémentaire, leurs besoins si restreints, qu'ils peuvent se développer dans des conditions qui sembleraient

presque incompatibles avec la vie. Leur fécondité est incalculable. Comment naissent-ils et se multiplient-ils? Il y a à ce sujet d'ardentes polémiques. Pour les uns, ils proviennent de germes répandus partout et transportés par l'atmosphère. Pour les autres, ils se forment spontanément partout où se trouvent en présence de l'eau, de l'air et une matière organique putrescible. Mais ce n'est pas ce côté de la question que je me propose de traiter. Je me contenterai de dire que beaucoup de ces organismes jouissent de plusieurs moyens de propagation : œufs, germes, bourgeons, segmentation spontanée.

Mon intention n'est pas de vous parler de tous ces organismes microscopiques indifféremment, le temps dont je dispose n'y suffirait pas. Beaucoup d'entre eux, d'ailleurs, ne sont composés que de substances molles; après leur mort, leurs éléments se dissocient, et il ne reste aucune trace de leur existence. Mais il en est un grand nombre qui ont la propriété de produire une sorte de coque minérale qui les entoure et les protége. Cette carapace, calcaire chez les uns, siliceuse chez les autres, résiste à la décomposition après leur mort. C'est sur ces êtres-là que je veux fixer votre attention, et je me propose même de vous en montrer plusieurs. Leurs enveloppes solides, accumulées par myriades, finissent, avec le temps, par former des couches, des amas considérables, et c'est à ce point de vue que l'on peut donner aux êtres qui les produisent le titre de constructeurs de notre planète.

Les êtres les plus simples, ceux qui ont le moins de besoins à satisfaire, sont aussi ceux qui jouissent au plus haut degré de la faculté de se multiplier. Plus insensibles que les autres aux influences extérieures, leur distribution géographique est beaucoup plus étendue, leur durée dans la succession des temps plus longue aussi. C'est là la principale raison de leur ubiquité. Des milliers d'animaux qui peuplent nos forêts, que reste-t-il après leur mort? A peine quelques vestiges destinés à disparaître, leurs ossements même se dissolvant à la longue. Il faut des circonstances particulières pour que les pièces de leur squelette se conservent, qu'elles soient, par exemple, enfouies dans des masses tourbeuses ou dans des sédiments qui les protégent. D'ailleurs ces animaux supérieurs sont trop disséminés pour que leurs dépouilles puissent former de vrais amas. Il n'en est pas de même des êtres plus simples. Les coquilles des mollusques, comme les huîtres, les moules, etc., peuvent, en s'accumulant, former des dépôts; mais ces accumulations même ne sont que peu importantes, si on les compare aux énormes constructions des polypes. Avec ceux-ci, nous touchons aux confins du sujet que j'ai choisi. Leur travail a produit des îles, des archipels entiers, des récifs sans nombre, connus sous les noms d'îles madréporiques, récifs de coraux, etc. Mais je ne veux pas m'arrêter à ces êtres, cependant bien simples déjà, et qui mériteraient à eux seuls une conférence spéciale. Ils n'édifient d'ailleurs que dans les mers chaudes. Il nous faut descendre encore quelques échelons de la série organique, pour arriver aux êtres qui doivent nous occuper maintenant, et qui, loin d'être confinés dans certains parages, appartiennent au contraire à tous les climats.

Avant de vous faire connaître et de vous montrer ces êtres microscopiques, je veux vous intéresser à eux en vous faisant comprendre, d'une part combien ils sont répandus, d'autre part combien sont importants les dépôts que leurs enveloppes peuvent produire avec le temps.

Un illustre micrographe de Berlin, Ehrenberg, a passé sa vie à décrire et à figurer le monde du microscope. C'est à lui que j'emprunterai la plupart de mes citations (1).

Le lit inférieur de l'Elbe jusqu'au-dessus de Hambourg est encombré par des vases composées d'une prodigieuse quantité de dépouilles d'organismes marins microscopiques, dont le mélange de l'eau douce avec l'eau salée occasionne la mort.

Les formes observées sur le littoral de la Baltique diffèrent en partie de celles de la mer du Nord. A Wismar (Mecklembourg-Schwerin), il se dépose par an 648 mètres cubes de corps organisés microscopiques siliceux. — Dans les ensablements de Pillau, sur la Baltique (Prusse), il se sépare chaque année des eaux courantes de 7000 à 15000 mètres cubes de ces mêmes organismes. — En 1839, on a retiré du bassin du port de Swinemunde, à l'embouchure de l'Oder (Prusse), 90000 mètres cubes, et en 1840, 64000 mètres cubes de vase, et la moitié ou le tiers au moins de ce volume se composait d'organismes microscopiques.

La fertilité de la vase des ports ne dépend donc pas seulement des substances minérales qu'elle contient; elle est due aussi à la présence d'un nombre infini d'organismes microscopiques invisibles à l'œil nu.

La capitale de la Prusse repose sur une tourbe argileuse, pour ainsi dire vivante. A 7 mètres au-dessous de la ville et à 2 mètres et demi au-dessus du niveau de la Sprée, cette tourbe est remplie d'organismes vivants, et l'on en a même rencontré jusqu'à 20 mètres plus bas. La respiration de ces petits êtres ne peut donc se faire que par l'intermédiaire de l'eau qui imprègne la tourbe. Leurs mouvements sont plus lents que ceux des espèces qui vivent à la surface du sol.

Ces êtres vivent dans tous les climats. Les limons de la Vistule, du Nil, de l'Islande, du Labrador, du Spitzberg, renferment des organismes vivants, qui composent depuis un dixième jusqu'à la moitié de leur masse. Les vases de la mer Noire et du Bosphore en ont présenté jusqu'à quarante-neuf espèces différentes.

En Amérique, la Caroline du Sud leur doit en partie son existence, et la vase du port de Charlestown en est entièrement formée.

Ehrenberg a décrit et figuré de nombreuses espèces provenant du fond des mers autour des îles de l'Océanie, de la Terre de Feu, de l'île Melville ; des alluvions du Rhin, du Nil, du Gange, du Yang-tse-kiang, du Mississipi; des côtes du Groenland, du Spitzberg; des glaces des mers boréales. On en a reconnu un grand nombre dans les eaux prises par le capitaine Ross sous les glaces du pôle antarctique.

Les rizières et les marais salants de tous les pays abondent en organismes microscopiques dont les coquilles s'entassent dans la vase (Géorgie, Floride, etc.).

Si les êtres microscopiques sont répandus partout en surface, ils ne le sont pas moins dans le sens vertical. On en a observé sur les Alpes, à des altitudes de 8600 mètres, et sur l'Himalaya, à des hauteurs de 6000 mètres. Ils couvrent le fond des mers à de très-grandes profondeurs. La sonde en a ramené du fond des *eaux bleues* (pour employer le langage des Américains) des mers du Kamtchatka. Ils se trouvent sur ce point à l'énorme profondeur de 5000 mètres. A cette profondeur, les eaux doivent être sans mouvement, ne participant

(1) Microgéologie.

soit être complète, car on ne suppose pas que la lumière pénètre au delà de 225 mètres de profondeur ; la température est invariablement de + 4 degrés centigrades. La pression dépasse 500 atmosphères, c'est-à-dire 513 kilogrammes par centimètre carré de surface. Comment des êtres organisés peuvent-ils résister à une telle pression? Ils y résistent parce qu'ils ne renferment point de cavités remplies de substances gazeuses ; leurs liquides sont en équilibre avec celui dans lequel ils vivent. Leur organisation n'a donc rien de commun avec celle des animaux terrestres, avec celle de l'homme surtout, qui ne peut guère supporter plus d'une pression de 2 ou 3 atmosphères et une pression de moins d'une demi-atmosphère.

Les êtres microscopiques peuvent donc vivre sur une échelle verticale de 11 kilomètres, faculté que l'on ne rencontre dans aucune autre classe des deux règnes.

Farines fossiles. — Terres édules. — Quelques populations sauvages ou habitant des pays improductifs consomment quelquefois, en temps de disette, des substances terreuses comme aliments : « En 1833, un paysan de Degersfors, dans la Bothnie occidentale, sur les confins de la Laponie suédoise, découvrit, en abattant un arbre, une matière terreuse qui fut mélangée avec de la farine de seigle, puis pétrie et cuite au four comme du pain. Cette matière est principalement siliceuse, mais elle contient 22 pour 100 de matières organiques, et le microscope y a montré des corps organisés divers (1). »

L'usage de certaines terres comme aliment est assez répandu chez les indigènes de l'Amérique méridionale. Les corps qu'on y rencontre ont été figurés par Ehrenberg.

On comprendra par ces citations le rôle bien autrement important des êtres microscopiques dans l'alimentation des animaux aquatiques, polypes, mollusques, crustacés, poissons, etc.

Poussières atmosphériques. — Les organismes microscopiques sont souvent transportés par les vents de contrées fort éloignées, pour venir tomber sous forme de poussières. Ehrenberg a examiné un grand nombre de ces poussières atmosphériques, entre autres celle tombée à Lyon pendant un ouragan, le 17 octobre 1846. On a évalué le poids total de cette poussière à 360 000 kilogrammes, et celui des organismes qu'elle contenait à un huitième, par conséquent à 45 000 kilogrammes. Ehrenberg y a reconnu trente-neuf espèces différentes.

Une poussière de la Calabre, datant de 1803, donna quarante-neuf espèces d'organismes ; une autre de 1813 en donna soixante-quatre.

Des poussières semblables sont tombées en Islande, en 1849 ; sur la mer Noire et l'Atlantique, en 1834 ; à Gênes, le 16 mai 1846. A Santiago, au cap Vert, en 1833, il tomba une pluie de poussière qui couvrit plus d'un million de milles carrés.

Un résultat fort remarquable des études d'Ehrenberg, c'est que les espèces contenues dans ces poussières ne viennent point d'Afrique. Quinze d'entre elles seraient du sud de l'Amérique.

Organismes microscopiques des volcans. — Une découverte

(1) D'Archiac, *Cours de paléont. stratigr.*

par Ehrenberg de l'existence de nombreux organismes dans les produits volcaniques où leurs carapaces ont éprouvé plus ou moins l'action du feu. « Tous appartiennent, à l'exception d'une seule localité en Patagonie, aux formes d'eau douce, ce qui autorise à penser que des masses de tourbe et de vase ont été englouties dans l'intérieur de ces volcans, y ont été frittées et rejetées sous forme de cendres, tufs, ponces, etc. (1). »

Ces faits n'ont rien d'ailleurs qui doive surprendre, si l'on se rappelle que beaucoup de volcans rejettent des matières boueuses dans leurs éruptions, et que ceux du Pérou ont plusieurs fois vomi des torrents d'eau contenant des poissons d'eau douce.

Un énorme amas de cendres volcaniques presque entièrement composées de débris organiques couvre en partie l'île de l'Ascension, dans laquelle il n'existe point d'arbres ni de sources.

« Lors de l'éruption de l'Hécla, du 2 septembre 1845, les cendres furent portées par les vents jusqu'aux îles Shetland et Orcades. Il en tomba à bord d'un vaisseau danois, l'*Helena*, à la distance de 533 milles du volcan. Ces cendres montrèrent des carapaces siliceuses, mêlées à des fragments minéraux ressemblant à du verre pilé très-fin (2). » Ces formes étaient d'eau douce ou terrestre, et l'on ne peut admettre qu'elles se soient mélangées à la poussière volcanique dans le trajet. On a retrouvé les mêmes formes dans des cendres prises au pied du volcan. Le mélange a donc eu lieu dans le volcan même. On y a reconnu trente-deux espèces de corps organisés qui se retrouvent dans la tourbe et dans les eaux saumâtres d'Islande, d'autres au Labrador.

Ehrenberg a trouvé des organismes microscopiques dans les produits volcaniques de Pompéi, de Civita-Vecchia, de Tollo (Chili), d'Arequipa et de Quito (Pérou), dans le tuf de l'Ascension, de Patagonie, de Lipari, de la Guadeloupe, du volcan de Scheduba (Inde), etc.

Organismes microscopiques fossiles. — Les faits que je viens de citer prouvent surabondamment, je crois, l'importance géologique des êtres microscopiques à test solide. Ces êtres ont été aussi répandus dans les temps anciens qu'ils le sont à l'époque moderne. Si je ne craignais de multiplier outre mesure les citations, il me serait aisé de démontrer, en remontant la succession des âges géologiques, que ces infiniment petits ont été des agents énergiques que la nature a mis en œuvre avec une sorte de prédilection pour former des lits, des couches, des assises, des terrains entiers. J'aurai à revenir bientôt sur des faits de ce genre, et je me contenterai, pour le moment, de quelques exemples.

Pendant les périodes quaternaire et tertiaire, il s'est formé de vastes dépôts d'organismes siliceux ou calcaires. En Auvergne, il y a des couches épaisses de silice pulvérulente qui en sont uniquement composées. Il existe des terres fossiles semblables à Oran (Algérie), à Santa-Fiora (Toscane). Ces terres constituent, en Irlande, une partie de la montagne du Mourne. A Lunebourg (Hanovre), une couche composée de carapaces microscopiques n'a pas moins de 14 mètres d'épaisseur, et semble résulter d'un dépôt de source. A la Barbade, une terre d'une richesse organique incroyable couvre une grande partie de l'île.

(1) D'Archiac, *loc. cit.*
(2) D'Archiac, *loc. cit.*

A une époque plus ancienne, la craie blanche a été en partie formée par des animalcules microscopiques; on a compté jusqu'à un millier de ces fossiles dans 500 grammes de cette roche.

Enfin, cette terre siliceuse si connue qui sert à polir les métaux, le tripoli, est composée d'un nombre incalculable d'organismes siliceux. En Bohême, à Bilin, le tripoli forme une couche de 4 mètres environ d'épaisseur. Ehrenberg estime que chaque gramme contient jusqu'à 27 *milliards* d'individus. A chaque frottement opéré par cette poussière, on réduit donc en atomes plusieurs millions de ces corps organisés.

Vous voyez donc, en somme, que ces infiniment petits sont de tous les êtres ceux qui ont produit les dépôts les plus considérables, et ceux qui ont eu peut-être la part la plus grande dans la formation des roches sédimentaires de tous les âges.

Après vous avoir démontré l'importance du rôle dévolu aux organismes microscopiques dans la production des sédiments qui forment les couches solides composant la surface de notre globe, je vais essayer de vous faire connaître ces organismes d'une manière plus intime.

Les uns appartiennent au règne animal, et on les nomme *Protozoaires;* les autres appartiennent au règne végétal, et ont reçu la dénomination de *Protophytes*. Mais ce n'est pas sans contestation que beaucoup d'entre eux ont été réunis à l'un de ces règnes plutôt qu'à l'autre. Nous nous trouvons en effet ici sur cette limite douteuse où le monde animal confine au monde végétal. Les notions ordinaires ne suffisent plus pour établir la démarcation. Le mouvement ne peut plus être invoqué comme signe absolu de l'animalité, car nous rencontrons en effet, dans ces régions organiques inférieures, des animaux immobiles et des plantes qui se meuvent.

Nous trouverons un meilleur caractère distinctif dans les fonctions nutritives. Les plantes vivent d'éléments inorganiques, c'est-à-dire d'eau, d'air, d'ammoniaque et de quelques composés minéraux; elles respirent en détruisant l'acide carbonique de l'atmosphère, fixant son carbone et rejetant l'oxygène. Les animaux sont alimentés par d'autres animaux plus petits ou par des plantes qu'ils introduisent dans l'intérieur de leur corps; ils respirent l'oxygène de l'air, et au lieu de détruire l'acide carbonique, ils en produisent.

Nous rangerons donc dans les Protozoaires tous les êtres inférieurs qui se nourrissent de substances organisées et qui respirent en produisant de l'acide carbonique; parmi les Protophytes, tous ceux qui vivent de matières inorganiques et décomposent l'acide carbonique de l'air. De plus, le mouvement chez les Protophytes ne se fait jamais que par l'action de cils vibratiles, tandis que chez un grand nombre de Protozoaires il est le résultat de la contraction du corps tout entier ou de certaines parties de sa masse.

Je parlerai d'abord des Protozoaires; les Protophytes nous occuperont plus tard.

PROTOZOAIRES.

Les formes des Protozoaires peuvent être assez compliquées et affecter une grande régularité, mais leur structure intime est d'une simplicité extrême. Leur corps est composé d'une substance gélatineuse semi-fluide, homogène sous les plus forts grossissements que nous puissions obtenir avec nos meilleurs microscopes, substance à laquelle le savant Dujardin a donné le nom, devenu classique, de *sarcode*. Eh bien, malgré sa simplicité, cette substance, le sarcode, vit, car elle respire, se nourrit de corpuscules organiques, et de plus possède manifestement la sensibilité et, sauf un très-petit nombre d'exceptions, la faculté de se contracter.

Le plus simple des Protozoaires est incontestablement le singulier animalcule connu sous le nom de *Protée* ou d'*Amibe* (ἀμοιβή, changement; ἀμείβω, je change). Cet animalcule n'a pas de forme propre; c'est une petite masse glutineuse, transparente et vivante, large d'un vingtième à deux cinquièmes de millimètre. On le trouve dans les eaux stagnantes, au milieu de ces enduits vaseux qui recouvrent les herbes et les pierres. Sous le microscope, on voit cette petite masse ramper sur la lame de verre qui sert de porte-objet, en émettant des lobes irréguliers, arrondis ou pointus, variant à chaque instant de forme et de nombre. Au moyen de ces lobes, elle adhère et se traîne, glissant lentement à la façon d'une goutte d'huile. Cet animalcule n'a ni bouche ni estomac, et cependant plusieurs observateurs ont assisté à ses repas. On l'a vu s'accoler au corps dont il veut faire sa nourriture, et qui consiste ordinairement en un animal ou un végétal microscopiques, se prolonger tout autour, et enfin l'envelopper complétement. L'aliment ainsi emprisonné dans cet estomac adventif est digéré, et s'il contient des parties non digestibles, ces parties sortent par un point quelconque de la surface. L'ouverture se ferme et s'efface; l'Amibe a accompli sa digestion.

Voilà, sans contredit, un procédé de digestion merveilleux. J'ai dû vous le faire connaître parce que, à vrai dire, on ne sait pas au juste comment beaucoup de Protozoaires se nourrissent. Il est permis de penser toutefois que la plupart procèdent à la façon de l'Amibe.

Tous les Protozoaires sont des animaux gélatineux sarcodiques. Les naturalistes les ont divisés en quatre classes : les *Infusoires*, les *Foraminifères*, les *Polycystinées*, les *Spongiaires*.

Mettons d'abord les Infusoires à l'écart. Ce sont des animaux en général très-petits, qui apparaissent en nombre incalculable dans toutes les eaux où des matières organiques se décomposent. Beaucoup possèdent une véritable bouche, se meuvent agilement dans l'eau à l'aide de cils vibratiles fonctionnant comme des rames; mais tous sont entièrement composés de sarcode, sans parties solides, et ne laissent aucun vestige après leur mort. Je ne vous en parlerai donc pas plus longuement.

Les trois autres classes de Protozoaires, ayant au contraire des téguments ou des parties pierreuses qui peuvent passer à l'état fossile et se conserver indéfiniment, devront nous occuper tour à tour. Je commencerai par les Foraminifères.

FORAMINIFÈRES.

Les Foraminifères sont des animaux à coquille calcaire et essentiellement marins; ils fuient les eaux douces et même saumâtres. Ils pullulent dans le sable de tout le littoral des mers, au point que l'on peut dire que ce sable en est souvent à moitié composé. Au siècle dernier, le naturaliste Plancus en comptait 6000 dans une once de sable de l'Adriatique. D'Orbigny en a trouvé jusqu'à 480000 dans 3 grammes de sable choisi des Antilles. Ils forment des bancs qui gênent la navigation, obstruent les golfes et les détroits, comblent les ports comme celui d'Alexandrie. On en a ramené, avec la sonde, de l'énorme profondeur de 5000 mètres. A l'état fossile,

deux cent vingt-huit espèces des dépôts tertiaires des seuls environs de Vienne. Certaines couches de ce calcaire grossier dont Paris est bâti en sont presque uniquement composées; on en a compté jusqu'à 58 000 dans un pouce cube de ce calcaire pris dans les carrières de Gentilly. Un genre, le genre *Nummulite*, constitue d'énormes dépôts depuis le rivage de l'Océan à Biarritz jusque dans les Indes, et joue un rôle important dans la masse des Pyrénées, des Alpes, de l'Himalaya; la roche dont on a bâti les pyramides d'Égypte en est formée. La craie blanche, depuis la Champagne jusqu'en Angleterre, contient aussi une énorme quantité de Foraminifères.

Ils apparaissent dans l'histoire de notre globe à une époque très-reculée, l'époque carbonifère, à laquelle se formait la houille. Il n'existait en ce temps qu'une seule espèce (*Fusulina cylindrica*), mais cette espèce forme à elle seule des assises entières en Russie et aux États-Unis. A partir de cette époque, le nombre des Foraminifères s'accroît et atteint actuellement son maximum. On en connaît plus de deux mille espèces, dont un millier de vivantes et le reste fossile.

Les premiers naturalistes qui s'occupèrent de ces animaux, y compris d'Orbigny lui-même, se méprirent d'abord complétement sur leur organisation. Trompés par des analogies de formes dans les coquilles, ils les rapprochèrent des Mollusques céphalopodes, tels que les *Nautiles*, dont l'organisation est très-compliquée. Ce n'est qu'en 1835 que Dujardin fit connaître leur vraie nature et leur extrême simplicité. Dès ce moment ils ont dû descendre dans le groupe des Protozoaires ou animaux sarcodiques.

Voici un croquis qui représente une espèce vivante du genre *Rosalina* (*R. ornata*), telle qu'on la voit au microscope. Elle est représentée à peu près 600 fois plus grande que nature. C'est une coquille enroulée sur elle-même, criblée de pores par lesquels sortent de nombreux filaments ramifiés, hyalins, transparents comme du verre filé. Ces filaments, nommés *pseudopodes*, sont les organes locomoteurs de l'animal et sans doute aussi des organes de préhension. L'animal fait saillir ces filaments par ses ouvertures, et les applique contre les corps solides, auxquels ils s'attachent avec assez de force pour lui permettre, en les rétractant, de traîner son corps et de le faire avancer lentement par un mouvement de reptation. On a comparé ces pseudopodes à des racines, et de là le nom de *Rhizopodes* par lequel beaucoup de naturalistes désignent les Foraminifères.

Chez certaines espèces, comme le *Rosalina*, les pseudopodes sortent par une foule d'ouvertures distinctes; chez d'autres, ils se réunissent en un faisceau pour sortir par une ouverture unique placée sur la dernière loge de la coquille. Il en est enfin qui possèdent à la fois ces deux modes de distribution.

Comment se reproduisent ces animaux, comment se nourrissent-ils? Je dois avouer qu'on l'ignore complétement. Relativement à la nutrition, on pourrait concevoir que les espèces pourvues d'une large ouverture introduisent leurs aliments par cette ouverture. Peut-être chez les espèces à coquille criblée de pores, les pseudopodes jouent-ils le rôle de suçoirs.

Les ouvertures ou trous plus ou moins nombreux (*foramina*, en latin) dont la coquille est percée, expliquent le nom de *Foraminifères* que l'on a donné aux animaux auxquels elle sert d'enveloppe.

La plupart des Foraminifères sont de très-petite taille, et beaucoup n'ont qu'un demi ou un sixième de millimètre de d'assez grandes dimensions. Les géants de la classe appartiennent au genre actuellement éteint des *Nummulites*. On en connaît des espèces qui ont jusqu'à 8 ou 10 centimètres de diamètre.

Le plus simple des Foraminifères (je vous le montrerai tout à l'heure) a la forme d'une sphère. C'est une masse gélatineuse, entourée d'une coque solide calcaire, criblée de trous par lesquels sortent les pseudopodes. Quelle que doive être plus tard leur complication, toutes les espèces débutent par cette forme simple qui représente leur état embryonnaire. Une première boule ou loge formée s'entoure d'une coquille et ne grossit plus. Sur cette boule vient s'en appliquer une deuxième plus grande, puis une troisième plus grande encore, et ainsi de suite pendant toute la durée de l'accroissement de l'animal.

La coquille qui recouvre extérieurement les segments varie d'épaisseur suivant les genres. Chez les uns, elle est compacte, opaque comme la porcelaine et sans pores; chez d'autres, elle est percée d'un grand nombre de trous; chez d'autres, enfin, elle est mince et transparente comme du verre.

D'Orbigny a fondé sa classification des Foraminifères sur l'arrangement que prennent les segments pendant l'accroissement. Mais en vous faisant connaître les sept ordres dans lesquels il subdivise la classe, je veux vous montrer quelques-unes des formes caractéristiques de chacun d'eux. Pour cela, nous allons faire l'obscurité, afin de projeter ces formes considérablement amplifiées sur l'écran.

1er ORDRE. — MONOSTÈGUES

(μονὸς, un seul; στέγη, loge).

Un seul segment, une seule loge.

ORBULINA UNIVERSA, d'Orb.

Taille d'un demi-millimètre. — 1600 fois grossie.

Vivante dans l'Atlantique, la Méditerranée, l'Adriatique — Fossile à Sienne (Italie) et Baden (Autriche), dans les terrains tertiaires.

2e ORDRE. — CYCLOSTÈGUES.

(κύκλος, cercle; στέγη, loge).

Coquille en forme de disque, composée de loges nombreuses disposées en cercles concentriques sans former de spirale.

ORBITOLITES MACROPORA, Lam.

Vivante sur les côtes des Philippines.

3e ORDRE. — STICHOSTÈGUES

(στίχη, file; στέγη, loge).

Coquille formée de loges superposées ou empilées bout à bout sur une seule ligne droite et arquée, mais point de spirale.

NODOSARIA LEPIDA, Reuss.

Fossile des terrains crétacés; craie blanche.

4e ORDRE. — HÉLICOSTÈGUES

(ἕλιξ, spirale; στέγη, loge).

Loges se succédant sur une seule ligne enroulée en volute spirale. Les genres sont très-nombreux dans cet ordre; ils se groupent naturellement en deux familles : 1° Les *Hélicostègues nautiloïdes*, dans lesquels l'enroulement se fait dans un même plan, et rappelle celui d'un ressort de montre; 2° les *Hélicostègues turbinoïdes*, dans lesquels l'enroulement rappelle une vis ou un tire-bouchon.

1re FAMILLE. — NAUTILOIDES.

Coquille équilatérale; spire enroulée sur le même plan.

POLYSTOMELLA ACULEATA, d'Orb.

Taille un tiers de millimètre. — Grossie 2400 fois.
Fossile à Baden (Autriche) et vivante.

DENDRITINA ARBUSCULA, d'Orb.

Vivante.

2e FAMILLE. — TURBINOIDES.

Coquille inéquilatérale, formée d'une spire enroulée obliquement, de contexture perforée.

ROTALIA GIRARDANA, Reuss.

Fossile du terrain tertiaire moyen (oligocène).

GLOBIGERINA BULLOIDES, d'Orb.

Taille d'un demi-millimètre. — Grossie 1600 fois. — Vivante dans la mer Adriatique. — Fossile à Nussdorff (Autriche) et à Sienne (Italie), etc.

Les Globigérines se trouvent sous toutes les latitudes et à toutes les profondeurs, depuis 90 mètres jusqu'à 5460 mètres. Leur maximum de développement est dans les plus grandes profondeurs, où elles s'étendent sur des centaines de lieues carrées, constituant probablement de puissants dépôts.

Dans l'hémisphère nord elles paraissent être très-répandues sur tout le parcours du Gulf-stream, ou grand courant d'eau chaude de l'Atlantique. Ainsi les sédiments ramenés des côtes d'Irlande entre 466 et 532 mètres en contiennent tellement, qu'ils en ont un aspect laiteux. Elles abondent également entre les îles Feroë et l'Islande, entre l'Islande et le Groenland. Dans ces dernières mers, on a ramené, d'une profondeur de 2300 mètres, une Étoile de mer dont l'estomac en contenait un grand nombre. Elles servent donc de nourriture à ces animaux. Elles manquent ou sont peu répandues entre l'Islande et le Labrador. Les dépôts qu'elles forment ne sont donc pas dus à des courants, car il y aurait alors mélange avec d'autres espèces.

Dans l'hémisphère sud, elles constituent, au sud du cap de Bonne-Espérance, les trois quarts du dépôt du banc des Aiguilles, et se retrouvent sur tout le parcours du courant qui contourne le cap de Bonne-Espérance. Leurs formes sont plus délicates que dans le nord de l'Atlantique, sans doute à cause de la moindre profondeur où elles vivent.

UVIGERINA PYGMÆA, d'Orb.

Taille d'un tiers de millimètre. — Grossie 3600 fois.
Vivante dans l'Adriatique. — Fossile à Baden, Nussdorff, près de Vienne, où elle est commune, et à Sienne (Italie), dans les terrains tertiaires supérieurs.

5e ORDRE. — ÉNALLOSTÈGUES

(ἔναλλος, en ordre inverse ; στέγη, loge).

Segments non enroulés, croissant alternativement à droite et à gauche du premier, et successivement de chaque côté de l'axe longitudinal, en s'enchevêtrant. Coquille à loges alternantes sur deux ou trois axes distincts, sans présenter de spirale.

VULVULINA GRAMEN, d'Orb.

Vivante dans l'Adriatique.

6e ORDRE. — ENTOMOSTÈGUES

(εντομος, coupé ; στέγη, loge).

Complication des deux derniers ordres. Coquille composée de segments alternes, leur ensemble s'enroulant en spirale. Test vitreux, rarement perforé.

AMPHISTEGINA QUOYI, d'Orb.

Vivante dans les mers des régions chaudes.

7e ORDRE. — AGATHISTÈGUES.

(ἀγαθὸς, agréable ; στέγη, loge).

Loges pelotonnées autour d'un axe, latéralement à la longueur, sur deux, trois, quatre ou cinq faces opposées, revenant, après chaque révolution complète, se superposer exactement les unes sur les autres. Test lisse, non poreux.

TRILOCULINA GIBBA.

Taille d'un demi-millimètre. — Grossie 2000 fois.
Vivante dans l'Adriatique. — Fossile à Baden et à Sienne.

II

Avant de poursuivre l'exposition de mon sujet, veuillez me permettre de vous rappeler en quelques mots la substance de notre dernier entretien, afin de préciser le chemin que nous avons fait et celui qu'il nous reste à parcourir.

Je me suis attaché d'abord à montrer que parmi les êtres les plus simples des deux règnes organiques, il en est qui possèdent des enveloppes ou des parties solides qui persistent après leur mort, et que ces parties solides, en s'accumulant par myriades, finissent par former des masses d'une grande puissance. Nous avons trouvé des accumulations semblables à peu près partout où il y a de l'eau, ou même seulement de l'humidité, sous tous les climats, sur les plus grandes hauteurs des montagnes, dans les plus grandes profondeurs des mers, dans les poussières transportées par le vent à travers l'atmosphère, et jusque dans les produits rejetés par les volcans. Nous avons vu aussi que dans les temps géologiques, ces organismes avaient contribué pour une part très-considérable à la formation des terrains.

Passant ensuite à l'étude de ces organismes, nous avons reconnu que les uns appartiennent au règne animal, ce sont les Protozoaires ; et les autres au règne végétal ; ces derniers ont reçu le nom de Protophytes.

Nous avons dit que les Protozoaires sont formés d'une chair glutineuse, transparente, homogène, sorte de gelée presque fluide, mais bien vivante, à laquelle on a donné le nom de *sarcode*. Or, les animaux sarcodiques forment quatre classes : les *Infusoires*, entièrement mous et dont nous n'avons pas eu à nous occuper ; les *Foraminifères*, dont nous avons parlé et sur lesquels nous n'aurons plus à revenir ; enfin les *Polycystinées* et les *Spongiaires*, qu'il nous reste à examiner.

Je vous prie de vous rappeler que les Foraminifères ont une enveloppe solide calcaire, d'une forme souvent très-élégante, et que l'animal fait saillir par les orifices souvent très-nombreux de cette enveloppe les filaments transparents nommés pseudopodes, qui sont pour lui les organes du mouvement. Ces détails nous aideront à comprendre l'organisation des Polycystinées, dont nous allons d'abord nous occuper.

POLYCYSTINÉES.

Les Polycystinées sont de très-petits animaux à test siliceux et différant, sous ce rapport, des Foraminifères, dont la coquille est calcaire. Cette enveloppe siliceuse est presque indestructible, et pour la dégager complétement des matières étrangères et des restes de sarcode, on la chauffe au rouge et on la traite par l'acide nitrique. Vous comprenez, dès lors, qu'une coquille douée d'une si grande inaltérabilité pourra passer facilement à l'état fossile et se conserver indéfiniment dans les sédiments déposés dans les mers.

Ces très-petites coquilles siliceuses contiennent un sarcode de couleur brun olive, se prolongeant au dehors par des pseudopodes qui ressemblent à ceux des Foraminifères, et qui passent par les ouvertures dont la coquille est percée.

Cette coquille est souvent pourvue de prolongements aigus, en forme de lames, d'épines, qui lui donnent un aspect très-singulier.

Voici quelques dessins destinés à vous donner une idée des formes de quelques-unes de ces coquilles :

Encyrtidium (κυρτίδιον, panier de jonc) *tubulus*, *elegans*, *Montgolfieri*.

Rhabdolithus (ῥάβδος, baguette; λίθειος, de pierre) *pipa*, *sceptrum*.

Lychnocanium (λύχνος, lampe; κάνεον, corbeille) *falciferum*, *lucerna*.

Podocyrtis (πούς, pied; κύρτη, nasse) *mitra*, *cothurnata*.

Dictyospyris (δίκτυον, filet; σπυρίς, corbeille) *clathrus*.

Stephanolithis (στέφανος, couronne, guirlande; λίθος, pierre) *nodosa*.

Toutes ces espèces se trouvent dans une terre siliceuse de la Barbade (Antilles).

Les Polycystinées sont aussi répandues dans la nature que les Foraminifères, et leur importance n'est pas moindre en réalité. Cependant elles sont restées inconnues très-longtemps à cause de leur extrême petitesse. En effet, les plus grosses ne dépassent guère un quart de millimètre de diamètre. Elles ont été découvertes d'abord par Ehrenberg à Cuxhaven, dans la mer du Nord. Depuis on les a trouvées en grande quantité dans les mers froides du Kamtchatka et dans l'Atlantique du Nord, puis dans l'océan Pacifique du Sud, dans l'Atlantique du Sud, dans la Méditerranée, autour des îles Nicobar, où l'on a reconnu jusqu'à cent espèces distinctes. On en a trouvé enfin dans les mers antarctiques, où elles vivent en compagnie de Foraminifères et de Protophytes, à des profondeurs de 1800 à 3600 mètres.

Dans les temps géologiques antérieurs à la période actuelle, elles ont été peut-être plus abondantes encore. On a découvert à la Barbade, en 1846, un dépôt siliceux qui s'étend sur une grande partie de l'île. Ehrenberg y a reconnu 282 formes qu'il considère comme des espèces distinctes, puis 25 Foraminifères et Protophytes, et 54 formes indéterminées : en tout, 361 formes microscopiques, dont 300 étaient inconnues auparavant. Peu de sujets soumis au microscope sont plus remarquables que la réunion de toutes ces Polycystinées.

Pour vous donner une idée de la richesse organique de cette terre de la Barbade, nous allons projeter sur l'écran l'image d'une parcelle grossie au microscope. Quoique, par son opacité, cette substance ne se prête pas très-bien à ce genre de projection, vous pourrez cependant constater qu'elle ne contient absolument rien autre chose que des coquilles microscopiques, et vous reconnaîtrez même quelques-unes des formes dont je vous ai, il y a un instant, montré des dessins. Le grossissement linéaire sous lequel vous voyez ces organismes fossiles est environ de 480 fois.

Nous avons à nous occuper maintenant des Éponges ou Spongiaires.

SPONGIAIRES.

Les Éponges forment le dernier échelon du règne animal. Ce ne sont pas des êtres microscopiques, il s'en faut, et il en est qui atteignent de grandes dimensions. Mais comme ce sont des Protozoaires et même les plus simples de tous, et qu'elles ont souvent pour charpente solide des espèces d'aiguilles microscopiques calcaires ou siliceuses, qui se conservent dans les roches à l'état fossile, je dois vous en parler.

Les Foraminifères présentent incontestablement, et à un degré très-prononcé, tous les attributs de l'animalité. Chez les Polycystinées, ces caractères s'affaiblissent, les formes deviennent plus singulières, mais nous ne pouvons méconnaître la liaison de ces animalcules avec les Foraminifères. Chez les Éponges, ces attributs n'existent même plus ; les formes deviennent éminemment variables, irrégulières, purement individuelles. Le mouvement n'existe plus, la sensibilité s'efface et disparaît même complétement.

Ces productions naturelles, que tout le monde connaît par l'usage habituel qu'on en fait, sont un véritable problème vivant jeté comme un défi à la patience et à la sagacité des naturalistes. Jusqu'à ce jour, en effet, on n'a pu se former une idée juste et claire de leur organisation et de leur genre de vie.

Il y a plus de deux mille ans, Aristote, qui connaissait bien les Éponges, les avait observées et nous a transmis sur leur compte des détails très-précis, ne savait pas au juste si ces productions étaient animales ou végétales. Il rapporte que, dans certains lieux, on prétendait que ces êtres étaient doués de sentiment et de la faculté de se contracter lorsqu'on les irrite ou qu'ils se sentent menacés par la tempête, tandis que dans d'autres localités on leur contestait cette faculté.

Depuis Aristote, on a fait, cela va sans dire, beaucoup de progrès, mais la nature des Spongiaires reste toujours voilée d'une certaine indécision : les uns en faisant des animaux ; quelques-uns, en très-petit nombre, des végétaux. Une dernière opinion intermédiaire, et probablement plus voisine de la vérité, en fait des êtres tenant à la fois des deux règnes, auxquels ils servent de liaison et de point de contact, quoique se rattachant plutôt au règne animal qu'au règne végétal.

Tout le monde connaît l'Éponge usuelle et en fait usage. Mais le commerce ne nous livre que son squelette, composé d'un feutrage de filaments flexibles entrelacés. Lorsqu'elle vivait sur les rochers sous-marins de l'archipel grec ou des côtes de Syrie, d'où on nous l'apporte, ce squelette était revêtu partout d'une substance mucilagineuse, ou sarcode, qui était la partie vivante. Il a suffi d'un lavage et d'un massage dans l'eau pour enlever cette mucosité douée de vie. Il y avait en outre des parties calcaires très-petites que l'on a fait disparaître en faisant tremper la masse dans une eau acidulée.

En examinant avec quelque attention l'Éponge du commerce, même réduite à son lacis de filaments flexibles, on y distingue deux sortes d'ouvertures, les unes très-petites, les autres irrégulières et beaucoup plus grandes. Ces dernières ont reçu le nom d'*oscules*, et vous allez voir quelles sont leurs fonctions. On a constaté que l'eau s'introduit dans les petits orifices, puis qu'elle est rejetée par les oscules sous forme de courants assez rapides. Ces courants sont déterminés par l'action de cils vibratiles dont les parois des canaux sont couverts. Les substances alimentaires en suspension dans l'eau sont ainsi portées dans la profondeur de l'organisme. Là elles s'accumulent dans des vacuoles qui sont de même nature que les estomacs adventifs de l'Amibe, et le résidu qu'elles y laissent est évacué au dehors par les canaux éjecteurs ou oscules.

A certaines époques, l'eau que rejettent les oscules entraîne avec elle des corps arrondis qui se meuvent au moyen de cils vibratiles. Ce sont les œufs de l'Éponge ou ses graines. Après s'être agités dans l'eau pendant quelque temps, ces corps se fixent aux rochers, perdent le mouvement, grandissent ; des filaments se produisent dans la masse, et une nouvelle Éponge est constituée.

A ces phénomènes se bornent toutes les facultés locomo-

trices de l'Éponge ; elles se résument, vous le voyez, dans l'action de cils vibratiles produisant des courants d'eau dans la masse. Cette masse elle-même ne donne aucun signe de contractilité ni de sensibilité. Cependant, dans des productions voisines des Éponges, les *Téthies*, la contractilité est sensible. « Lorsque la Téthie est placée dans un vase rempli d'eau de mer et qu'on la laisse pendant longtemps parfaitement tranquille, on voit distinctement toutes ses ouvertures béantes et l'on aperçoit les courants qui les traversent. Mais si l'on irrite l'animal ou qu'on le retire de l'eau pendant un instant, les courants se ralentissent ou s'arrêtent, et les oscules, en se contractant d'une manière lente et insensible, finissent par se fermer complétement (1). »

Tel est le genre de vie des Éponges marines. Mais, à quelques pas de cette salle, vit une espèce qui a été mieux étudiée. C'est l'Éponge ou *Spongille* d'eau douce. Cette Éponge couvre en partie, à une profondeur de 1 à 2 mètres, les murs qui forment les côtés du bassin et du canal. Cette espèce n'a pas les filaments flexibles de l'Éponge commerciale ; en revanche elle est soutenue par une multitude de fines aiguilles siliceuses qui, sous le microscope, paraissent allongées et terminées en pointe comme des fuseaux. Elle ne peut donc être employée aux mêmes usages que l'Éponge marine; mais, en se desséchant, son squelette, quoique devenant très-friable, conserve sa forme. Comme dans l'Éponge marine, les oscules sont traversés par des courants d'eau rapides.

On a reconnu dans l'Éponge d'eau douce deux sortes de corps reproducteurs qui s'y développent à certaines époques. Les uns sont des corps ronds, jaunâtres, semblables à des graines et contenant chacun plusieurs corpuscules reproducteurs. Ces corps peuvent résister à une certaine dessiccation sans perdre leur vitalité. C'est par eux que l'espèce se conserve pendant l'hiver, la sécheresse, les saisons difficiles. Les autres corps reproducteurs sont des germes ovoïdes, blanchâtres, couverts à leur surface de cils vibratiles auxquels ils doivent la propriété de translation. On aperçoit déjà dans leur substance les filaments entrelacés qui ébauchent le squelette de l'Éponge. Ces germes mobiles ou ovules paraissent surtout destinés à la multiplication pendant la belle saison. Ils ressemblent aux spores mobiles et ciliées de certaines Algues ou végétaux inférieurs.

Un point sur lequel on est loin d'être fixé est celui de l'individualité des Spongiaires. On s'accorde généralement pour considérer ces productions, non comme des individus, mais comme des agrégations d'individus. L'animal provenant d'un corps reproducteur donne naissance à des bourgeons qui deviennent des individus restant fixés au premier et se confondant avec lui; ces derniers en produisent d'autres par le même procédé de bourgeonnement. Il en résulte une agrégation dans laquelle l'individu est tellement confondu dans la masse, qu'il ne saurait plus en être distingué. Sa vie se confond avec celle de l'ensemble, et c'est là, si je ne me trompe, l'exemple le plus complet de communisme que l'on ait pu concevoir ou rêver.

Revenons au sujet qui doit surtout nous occuper, c'est-à-dire à ces aiguilles ou petites masses cristallines calcaires ou siliceuses que l'on observe dans beaucoup d'Éponges, et qui peuvent se conserver par la fossilisation. On leur a donné le nom de *spicules*. Je vais vous les montrer sous un grossissement considérable.

Vous distinguez ici deux sortes de spicules, les uns fusiformes, très-longs, les autres sous la forme d'étoiles régulières et très-élégantes. Il est des espèces chez lesquelles il n'existe, avec la substance vivante, que des spicules ; d'autres dans lesquelles on trouve à la fois des spicules et des filaments cornés, comme ceux de l'Éponge commune. Mais ce qu'il importe de noter ici, c'est que les spicules, les spicules siliceux surtout, peuvent, par suite de leur inaltérabilité, se conserver indéfiniment.

Je ne vous surprendrai pas en vous disant que la vase du canal qui passe devant Mulhouse doit en contenir, puisque les eaux de ce canal nourrissent un grand nombre de Spongilles d'eau douce à spicules siliceux. Il en existe dans les localités les plus diverses. La sonde en a ramené du fond de la mer de Corail (océan Indien) par 3600 mètres de profondeur. On connaît des spicules d'Éponges dans beaucoup de dépôts anciens. En Auvergne, à Ceissat, il existe une terre siliceuse qui en est en grande partie composée ; les spicules s'y trouvent en société de nombreuses carapaces siliceuses de Protophytes. Dujardin a publié, il y a longtemps, un exemple remarquable de la grande abondance de spicules siliceux d'Éponges que renferment certains terrains. « Il existe sur les coteaux de la rive droite de la Loire, à Tours, une couche de terre blanche, friable, de 6 à 7 mètres d'épaisseur. Cette terre est remplie de fragments organiques siliceux et est toute pénétrée de spicules siliceux de 2 à 4 millimètres de longueur qui lient la masse et l'empêchent d'être friable, comme elle le serait sans cela ; cette terre se casse difficilement, comme une pâte grossière de carton, et quand on la manie sans précaution, les spicules pénètrent dans les mains comme les poils de certaines chenilles (1). »

A Oran (Algérie), un dépôt tertiaire connu sous le nom impropre de craie renferme une immense quantité de spicules siliceux d'Éponges, mêlés à de nombreux Protophytes également siliceux.

Les agates dites *mousseuses* d'Oberstein (Palatinat), celles de Sicile et quelques jaspes de l'Inde, doivent à la présence d'Éponges la particularité qui leur a valu leur nom. On a reconnu, dans des lames très-minces de ces agates, des gemmes, des corps reproducteurs, des spicules, et même des fibres qui ont été cornées, mais se sont converties en silex (2).

Le tripoli de Bohême, la craie blanche, sont aussi très-riches en spicules de Spongiaires.

Il résulte des faits que je viens de développer, que les Éponges proprement dites ont eu leur part, et une part très-réelle, dans la formation des roches qui composent les couches de divers terrains. Mais leur rôle ne s'est pas borné là ; il a existé en effet, dans les temps géologiques, des Spongiaires d'une nature toute particulière et dont le type est anéanti de nos jours. Ces Spongiaires étaient d'une nature solide, pierreuse, et ont pu, en se pétrifiant, conserver leur forme sans aucune altération. Ils ont paru avec les premières faunes, dès la formation des terrains les plus anciens (siluriens), et se sont éteints vers le commencement de la période tertiaire. On en a distingué 36 genres et 412 espèces. Mais comme ces Éponges ne sont pas des êtres microscopiques, elles ne ren-

(1) Audouin et Milne Edwards.

(1) *Ann. sciences naturelles*, XV, 1829.
(2) Bowerbank, *Ann. and Mag. of nat. Hist.*, t. X.

trent pas dans mon sujet, et je ne m'en occuperai pas davantage.

Avant de prendre congé du règne animal, je dois vous dire que ceux qui se livrent à l'examen microscopique des terres fossiles rencontrent souvent des corps dont la nature les embarrasse. Ces corps proviennent quelquefois d'animaux très-élevés en organisation, et je veux vous en montrer un exemple.

Dans la mer Rouge vit un animal nommé *Synapte*, que l'on prendrait au premier aspect pour un ver, à cause de sa forme cylindrique très-allongée, mais qui appartient en réalité à l'ordre des Holothuries, de la classe des Échinodermes, et se rapproche par conséquent des Oursins et des Étoiles de mer. Sa peau est couverte de petits crochets calcaires en forme d'hameçons ou plutôt d'ancres, insérés sur des plaques perforées de sept ouvertures. Nous allons projeter ces plaques et ces crochets sur l'écran.

Grâce à ces crochets, les Synaptes adhèrent aux corps étrangers à la manière de ces fruits qui, en automne, s'accrochent souvent dans la campagne à nos vêtements. On comprend que, par leur nature calcaire, ces crochets puissent passer à l'état fossile, et se trouver mêlés à de véritables animalcules microscopiques dans des terres d'origine organique.

Avant d'aborder l'examen des Protophytes, je désire vous montrer un de ces êtres ambigus qui ont fait en tout temps le désespoir des naturalistes micrographes, et dont les zoologistes et les botanistes se disputent la possession. C'est le *Volvox*, dont vous allez voir l'image considérablement augmentée (600 fois) sur l'écran.

Les *Volvox* constituent des globules verts, larges souvent d'un millimètre, qui vivent exclusivement dans les eaux marécageuses. Ces masses sont formées par des milliers de petits corps qui n'ont pas, en particulier, chacun plus de 7 à 9 dix-millièmes de millimètre, et forment une masse commune dans laquelle ils sont comme immergés. Ces petits corps sont verts, avec un point rouge, et sont munis chacun d'un double filament flagelliforme dont l'agitation continuelle détermine un mouvement de rotation pour la masse.

Les opinions les plus diverses se sont produites sur ces corps singuliers. Les uns, comme Dujardin, en ont fait des agglomérations d'individus dont les enveloppes épaisses, gélatineuses, diaphanes, forment une masse commune dans laquelle ils sont engagés. Ehrenberg va même jusqu'à attribuer à ces individus des trompes, une bouche, plusieurs estomacs, et même un œil. Les autres repoussent l'individualité multiple et agglomérée des Volvox et les considèrent comme des individus isolés, globuleux. La fantaisie s'est même emparée de ces êtres bizarres, et le crayon de Granville a fait du Volvox un monstre horrible, insatiable, dévorant tous les infusoires qui passent à sa portée. Vous pouvez vous assurer par vous-mêmes que le Volvox ne mérite pas une aussi mauvaise réputation, car ce n'est pas un dessin, mais l'être lui-même que vous avez sous les yeux.

L'opinion qui paraît dominante aujourd'hui range les Volvox dans le règne végétal. La présence de la matière verte, ou chlorophylle, dans ces êtres, justifie cette classification. Les corpuscules verts que l'on a pris pour des individus distincts ne seraient dès lors que des spores ou corps reproducteurs.

En résumé, le Volvox est un être de transition comme l'Éponge ; seulement l'Éponge est plutôt un animal qu'une plante, et le Volvox plutôt une plante qu'un animal.

Je passe maintenant à l'examen des Protophytes, ou végétaux les plus simples.

PROTOPHYTES.

Je vous prierai d'abord de vous rappeler que l'absence de mouvement ne suffit pas pour caractériser les plantes, car vous avez vu l'Éponge à peu près inerte, et il est des plantes, surtout parmi les plus simples, dont les corps reproducteurs peuvent se déplacer par l'action de cils vibratiles. Ainsi que je l'ai dit, je considérerai comme végétaux tous les êtres qui se nourrissent de matières inorganiques, et purifient le milieu où ils vivent en le débarrassant de l'acide carbonique que produisent les animaux.

Vous voyez déjà se manifester le rôle immense dont les végétaux ont été investis dans l'économie de la nature. Sans eux, les eaux des mers profondes, où les végétaux élevés ne sauraient vivre, seraient inhabitées, car, vivant de matière non organisée, les Protophytes fabriquent la matière vivante qui sert d'aliment aux animaux. Et en supposant que ceux-ci pussent se suffire, sans les Protophytes les eaux ne pourraient se purger de l'acide carbonique qu'y répand constamment la respiration animale, et finiraient par devenir inhabitables.

Il existe des Protophytes microscopiques pourvus d'une enveloppe solide siliceuse indestructible, et qui sont répandus avec profusion dans toutes les eaux douces et salées du globe. Ce sont les êtres microscopiques connus sous le nom de *Diatomées*. Ce sont les seuls végétaux dont j'aurai à vous entretenir ici.

Les Diatomées sont des végétaux monocellulaires, c'est-à-dire formés d'une seule cellule. Examinons d'abord la structure de cette cellule. Elle se compose d'une enveloppe en forme de sac ou de petite vésicule, et d'un liquide contenu dans cette enveloppe. L'enveloppe est double. Il y a d'abord une membrane intérieure, l'*utricule primordiale*, constituée par une substance analogue à l'albumine du blanc d'œuf. L'enveloppe extérieure, plus forte, est composée d'une substance nommée *cellulose*, non azotée, et qui est la même que celle dont sont formés les filaments du coton. Le liquide intérieur, plus ou moins coloré (*endochrome*), consiste en un liquide presque incolore (*protoplasma*), dans lequel sont disséminés des grains de substance verte, ou *chlorophylle*.

Toutes les plantes sont composées de cellules ayant cette organisation. Mais les Diatomées ont la propriété de consolider leur enveloppe extérieure en y accumulant de la silice, de manière à en former une coque solide, qui est un des caractères les plus prononcés de ce groupe de petits corps.

Les botanistes considèrent les Diatomées comme les plus simples des Algues, c'est-à-dire de tous les végétaux. Leur nom signifie « se coupant en travers » (διὰ, en travers; τέμνω, je coupe). Ces plantes ont en effet la propriété de se diviser en segments réguliers, bacillaires, simples, désignés sous le nom de *frustules*. Ces frustules sont composés de deux plaques siliceuses plus ou moins concaves, laissant entre elles l'espace occupé par la matière vivante. Cette matière est d'un jaune d'or ou d'un jaune brunâtre, verdissant souvent après la mort, et douée d'un mouvement de circulation.

Voici des dessins représentant des Diatomées très-amplifiées, et qui feront comprendre la division par laquelle ces Protophytes se multiplient (*Diatoma vulgare*, *Grammatophora serpentina*).

« Les Diatomées habitent l'eau salée et l'eau douce; mais les espèces de l'une ne se trouvent jamais dans l'autre. Un certain nombre habitent aussi les eaux saumâtres. Elles sont très-nombreuses et très-variées dans les marais exposés à l'envahissement des eaux salées, les deltas où s'effectue le mélange des eaux douces et salées à l'époque des grandes marées. Un autre habitat favori des Diatomées sont les pierres, les rochers et les cailloux des torrents qui descendent des montagnes, les rochers des rapides, et les marais peu profonds de l'embouchure des rivières. Il y en a dans les fossés le long des chemins, dans les citernes et dans les puits (1). »

« Dans les régions polaires antarctiques, ces petits êtres deviennent surtout apparents quand ils sont enveloppés dans la glace nouvellement formée, puis entraînés dans la mer sur les glaçons, qu'ils revêtent partout de teintes ocracées. Un dépôt vaseux, principalement formé des dépouilles siliceuses de Diatomées, a été reconnu le long des côtes de la terre Victoria, par 78° de latitude sud. Ce dépôt se prolonge de manière à recouvrir les pentes sous-marines du mont Erebus, volcan actif qui s'élève à 3769 mètres d'altitude dans ces régions glacées. S'il existe une communication entre les eaux de l'Océan et l'intérieur du volcan, opinion assez généralement adoptée, on aura ainsi l'explication de la présence des Diatomées dans les cendres volcaniques, fait dont j'ai cité plusieurs exemples (2). »

Certaines espèces se retrouvent sous toutes les latitudes, depuis le Spitzberg, au nord, jusqu'à la terre Victoria, au sud, tandis que d'autres sont limitées à des régions particulières. Un gisement singulier de ces corps est le guano; les espèces qu'on trouve dans cette matière ont dû être avalées par les poissons, puis passer de leurs intestins dans ceux des oiseaux (Guanaès), pour être rejetées par eux.

On comprend qu'avec leur enveloppe siliceuse inaltérable, les Diatomées doivent contribuer à former des dépôts considérables au fond des mers de nos jours, comme elles en ont fait dans les temps géologiques. Les corps microscopiques dont, comme je l'ai dit, le tripoli est composé, appartiennent tous à cet ordre. Les terres fossiles d'Oran, de Ceissat (Auvergne), etc., en contiennent un nombre prodigieux.

On divise l'ordre des Diatomées en deux tribus : la première, renfermant celles dont les frustules sont nus; la seconde, comprenant celles dont les frustules sont entourés d'un tube gélatineux. Les formes les plus remarquables appartiennent à la première de ces tribus.

Je vais vous montrer quelques-unes de ces formes : vous verrez que ces êtres ne sont pas remarquables seulement par leur extrême petitesse, mais qu'ils le sont encore par l'élégance et l'incroyable finesse des stries et des dessins dont leur enveloppe siliceuse est sculptée. Ces stries sont tellement déliées chez certaines espèces, qu'on ne peut les apercevoir qu'avec les microscopes les plus parfaits, et que les Diatomées sont ainsi devenues des moyens d'épreuve pour ces instruments. Ce sont, en effet, des objets microscopiques par excellence, et je vais être obligé, pour vous les montrer, d'employer les plus forts grossissements que l'on puisse obtenir par l'action combinée du microscope ordinaire et du microscope électrique.

Si j'avais voulu vous montrer directement ces Diatomées avec le microscope électrique, j'aurais entièrement échoué. En les grossissant un millier de fois, comme on peut le faire avec ce microscope, beaucoup d'entre elles n'auraient eu sur l'écran que 25 millimètres, et les plus grosses seulement 25 centimètres de longueur. Sous ce grossissement, leurs ornements vous seraient invisibles, non-seulement parce qu'ils ne seraient pas assez amplifiés, mais surtout parce que le microscope électrique est un instrument médiocre qui analyse mal les détails d'une grande finesse.

On a donc eu recours à un artifice. J'ai pu me procurer à Paris d'admirables photographies obtenues avec des microscopes puissants et d'une rare perfection. Pour obtenir ces photographies, on a adapté le microscope à une chambre noire, et l'image, au lieu d'être reçue sur l'œil, a été reçue sur une plaque sensibilisée.

Ces photographies montrent déjà les Diatomées énormément amplifiées. Nous allons les grossir encore en les plaçant dans l'appareil de projection et en les éclairant avec la lumière électrique. Ces projections, si elles réussissent, ne pourront manquer de frapper votre curiosité, car elles vont vous rendre visibles des objets que peu de personnes encore peuvent se flatter d'avoir vus.

Voici d'abord deux espèces de *Grammatophora*. L'une (*Gr. marina*) a un vingt-cinquième de millimètre de longueur; l'autre (*Gr. subtilissima*), plus courte, seulement un quarantième de millimètre. Vous les voyez grossies 18 000 fois en longueur. L'enveloppe siliceuse montre sur ses bords des lignes transversales très-fines, coupées par un double système de lignes obliques se croisant sous des angles de 60 degrés, de manière à former un quadrillage d'une excessive finesse. Ces dessins sont tellement difficiles à voir, qu'ils constituent une des épreuves les plus redoutables auxquelles on puisse soumettre les microscopes du premier ordre. Ce n'est que depuis l'invention récente des objectifs à immersion, et par l'emploi de l'éclairage oblique, que l'on a pu en triompher. Les *Grammatophora* sont des Diatomées marines.

Voici une autre espèce dont les stries sont tout aussi difficiles à distinguer : c'est la *Surirella gemma*. Vous la voyez grossie 24 000 fois, car sa longueur n'est que d'un vingtième de millimètre. Les lignes transversales se voient assez bien; mais les lignes longitudinales qui les croisent sont tellement subtiles, que cette Diatomée constitue pour les microscopes un moyen d'épreuve du premier ordre. Les *Surirella* habitent les eaux douces et saumâtres, et quelques-unes sont marines. Elles abondent au fond des lacs de l'Irlande.

L'espèce que voici est bien connue des personnes qui s'occupent de recherches microscopiques : c'est le *Pleurosigma angulatum*. Ses stries, quoique moins difficiles à voir que celles du *Grammatophora* et de la *Surirella*, étaient inconnues il y a seulement dix ou quinze ans, et ce n'est qu'avec d'excellents instruments qu'on peut les distinguer. Il y a trois systèmes de lignes qui s'entrecroisent régulièrement sous des angles de 60 degrés, de manière à former des figures ou aréoles hexagonales serrées et très-régulières. Les personnes rapprochées de l'écran pourront sans doute les distinguer sur cette projection. La longueur du *Pleurosigma* est d'un quart de millimètre, et je vous le montre ici grossi 7500 fois.

Mais je vais vous le montrer encore plus grossi. Les aréoles du test vous apparaissent maintenant de la manière la plus distincte. Le grossissement que j'emploie ici est de 36 000 diamètres. Pour vous donner une idée de la finesse des détails

(1) W. Smith, *Quarterly Journal of microscop. Science*, t. III.
(2) D'Archiac, *loc. cit.*

lignes qui forment le réseau, par exemple celui qui comprend toutes les lignes horizontales, on compte 2500 de ces lignes dans un espace d'un millimètre. Il faudrait à peu près 1 296 000 000 d'aréoles hexagonales de grandeur naturelle pour couvrir un de ces mêmes espaces grossis que vous avez sous les yeux. Les *Pleurosigma* sont presque sous-marins ou d'eaux saumâtres.

Le *Triceratium favus* est une des plus grandes espèces de Diatomées. Il abonde dans les rizières de Savannah (États-Unis), dans la Tamise et dans les autres embouchures des côtes de l'Angleterre.

Il me reste à vous montrer trois formes discoïdales remarquables par leur élégance.

Voici d'abord un *Coscinodiscus* de la baie Melville, sur les côtes du Groenland. Ce genre habite une foule de lieux. On l'a ramené d'une profondeur de 3600 mètres de la mer de Corail (océan Indien), de 4937 mètres dans l'océan Pacifique du Nord, du fond du golfe du Mexique, du fond du Gulf-stream, des côtes de la Caroline, des côtes d'Islande. Il abonde dans les dépôts siliceux de Richmond (Virginie), des îles Bermudes, d'Oran, et dans le guano. Beaucoup d'espèces sont marines ou saumâtres, et vivent attachées aux herbes et aux zoophytes.

L'*Heliopelta*, que vous voyez maintenant, se trouve à l'état fossile dans une terre siliceuse des Bermudes. Il est remarquable par les rayons qui ornent sa surface.

L'*Arachnoidiscus* se trouve dans le guano. Des rayons réguliers et des lignes concentriques dessinent sur sa surface des figures très-élégantes.

Et maintenant, en arrivant au terme de cet entretien, essayons de tirer une conclusion de nos recherches. Vous avez vu la vie s'étendre bien au delà des limites de notre vue; vous l'avez vue se manifester avec une fougue, une ardeur, une richesse incalculable dans le monde des infiniment petits. Ces êtres microscopiques, dont les dépouilles s'accumulent en ce moment par myriades au fond des eaux, y forment avec le temps d'énormes amas. Plus tard ces accumulations, consolidées par la pression, par des infiltrations minérales, deviendront des roches, et ces roches seront peut-être portées au jour par des exhaussements insensibles ou par quelque convulsion terrestre. Elles formeront alors des collines, peut-être des montagnes, comme celles dans lesquelles nous trouvons les restes d'innombrables générations disparues, anéanties depuis un nombre immense d'années.

Si le télescope, en nous faisant pénétrer dans les espaces célestes, nous a révélé un infini en grandeur, le microscope nous a montré, de son côté, un infini de petitesse. Nous, humains, placés entre ces deux infinis, pygmées vis-à-vis de l'un, colosses vis-à-vis de l'autre, nous pouvons être fiers à bon droit de notre intelligence, qui nous permet de les contempler l'un et l'autre. Mais, en concevant cette pensée de légitime orgueil, nous pouvons déduire en même temps une leçon d'humilité, en nous rappelant, pour employer les expressions du poëte (Byron), que « la poussière que nous foulons sous nos pieds fut jadis vivante ».

J. DELBOS.

L'Académie des sciences a procédé lundi dernier à l'élection d'un membre dans la section de mécanique en remplacement du général Poncelet. La section proposait : en première ligne, M. Barré de Saint-Venant; en deuxième ligne, M. Philipps; en troisième ligne, *ex æquo* et par ordre alphabétique : MM. Bresse, Rolland et Tresca. M. Barré de Saint-Venant a été élu au premier tour de scrutin par 39 voix sur 56 votants contre 8 suffrages donnés à M. Phillips, 8 à M. Rolland et 1 à M. Tresca.

— La Société royale de Londres vient d'élire comme membres correspondants étrangers : MM. Bischoff, de Munich, physiologiste distingué; Rudolph J.-E. Clausius, de Würzburg, bien connu par ses recherches sur les thermodynamiques; Samuel Heinrich Schwabe, de Dessau, qui pendant vingt-cinq ans a fait des observations sur les éclipses, et H. von Mohl, de Tubingue, dont les recherches ont si bien servi à l'accroissement de la physiologie végétale et de la botanique. Il y a encore une place vacante dans la liste des membres correspondants étrangers, par suite de la mort de Léon Foucault. On doit prochainement pourvoir à ce fauteuil.

— Le discours prononcé samedi dernier par M. Duruy, ministre de l'instruction publique, à la réunion des Sociétés savantes, ayant été publié au *Moniteur*, nous croyons inutile de le reproduire en entier; mais nous en extrayons le passage suivant, relatif à l'augmentation du traitement des professeurs de faculté, et à l'établissement de laboratoires scientifiques convenablement dotés.

Le budget de cette année porte les marques effectives de la faveur impériale pour les hautes études. Si le Corps législatif acceptait les propositions du gouvernement qu'il a lui-même provoquées dans ses précédentes sessions, le crédit pour l'enseignement supérieur s'accroîtrait notablement.

Des principes nouveaux seraient appliqués.

La répartition des professeurs de faculté en trois *classes*, avec une sérieuse augmentation de traitement pour les deux premières, donnerait à chacun l'espérance de voir sa situation s'améliorer à mesure que les années et le travail pèseront sur lui d'un poids plus lourd.

L'*avancement sur place* le dispenserait d'aller chercher dans une faculté lointaine un peu de bien-être au détriment de ses affections, de ses intérêts de famille et de l'influence qu'il avait justement acquise au milieu des témoins et quelquefois des admirateurs de ses travaux.

Pour les savants qui honorent nos établissements de premier ordre et qui consacrent à une *seule* chaire leur temps et leur intelligence, un traitement plus fort leur donnerait une partie des bénéfices du cumul, que l'État doit permettre, mais non pas encourager. La science y gagnerait doublement, car il y aurait, sans nouvelles créations, plus de chaires pour les savants, et chacun d'eux aurait plus de temps, de force et de liberté d'esprit à mettre dans un seul enseignement.

Ceux que la nature a doués de l'esprit d'invention et de découverte ont besoin de *laboratoires de recherches*.

Pour former, en effet, ce que j'appellerai les mœurs scientifiques, ce n'est pas assez du public qui suit les cours, il faut encore des écoles particulières où la tradition s'établisse et se conserve, où les forces de chacun soient doublées par l'exemple, les conseils et l'assistance de tous. En un mot, il faut un lieu où se trouvent réunis les instruments les plus perfectionnés, où l'on attirera auprès du maître de jeunes hommes intelligents, dévoués à la science, capables de la bien servir, et qui, groupés autour du chef comme sa famille scientifique, le seconderont dans ses études et entreprendront sous sa direction des travaux personnels.

Ainsi se sont formées, dans l'atelier d'un peintre illustre ou d'un sculpteur renommé, ces écoles qui pour les arts ont jeté un si grand éclat.

Le budget présenté porte un crédit nouveau, faible encore, mais qui s'accroîtra, je l'espère, pour la création de ces *laboratoires de recherches*. Alors tout savant que signalerait l'importance de ses œuvres serait assuré d'obtenir le moyen d'en accomplir de plus considérables.

Vous avez vu ici même le nouveau laboratoire de physique, et quels moyens de travail y ont été mis à la disposition des élèves et des maîtres. Son installation est d'hier, et déjà on y a trouvé des faits nouveaux qui se sont révélés presque d'eux-mêmes, parce que toutes les

forces de la matière dont l'homme a pu se saisir sont là, agissant sans cesse, isolées ou réunies, devant des yeux qui savent voir et des esprits qui savent comprendre.

L'an passé, les étrangers s'étonnaient de l'installation défectueuse de nos établissements scientifiques, et, en songeant à cet esprit français si ingénieux, si clair, qui, au besoin, sait avoir la patience, dont Newton faisait la première condition du génie, plusieurs se demandaient avec une généreuse inquiétude ce qu'on ne pourrait pas attendre de nos savants s'ils étaient mieux armés pour le grand combat contre la nature. Plaçons donc à côté de nos chaires d'histoire naturelle, de physiologie, de médecine, de physique et de chimie, des *laboratoires d'enseignement* où se trouvent les ressources nécessaires pour multiplier les expériences, de sorte que la *théorie* soit sans cesse contrôlée et fortifiée par les exercices *pratiques*. Le prochain budget accroît la dotation pour le matériel des facultés, et j'ai la ferme espérance que les sciences médicales n'auront bientôt plus à envier le magnifique Institut physiologique qui vient d'être élevé, au prix de 3 millions, sur les bords de la Néva.

Voilà, messieurs, les motifs des demandes du gouvernement aux budgets de cette année. Espérons qu'elles pourront être accueillies, car les dépenses de cette nature sont la source de la richesse publique.

BULLETIN DES COURS.

Collége de France.

PROGRAMME DES COURS DU SECOND SEMESTRE 1868 (OUVERT LE 20 AVRIL).

MÉCANIQUE CÉLESTE (les mardis et vendredis, à dix heures). — M. SERRET (de l'Institut) traitera des Perturbations du mouvement elliptique des corps célestes. — Le cours a commencé le 24 avril.

MATHÉMATIQUES (les lundis et samedis, à dix heures). — M. LIOUVILLE (de l'Institut) traitera de diverses questions d'analyse.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET MATHÉMATIQUE (les mardis et vendredis, à midi). — M. BERTRAND (de l'Institut) traitera de la Mécanique analytique.

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET EXPÉRIMENTALE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. REGNAULT (de l'Institut) traitera de diverses parties de la physique générale et de la chaleur.

CHIMIE (les mercredis et samedis, à midi et demi). — M. BALARD (de l'Institut) traitera de l'Analyse des gaz.

CHIMIE ORGANIQUE (les mardis et vendredis, à une heure). — M. BERTHELOT traitera de l'Analyse. — Il commencera son cours le 5 mai.

MÉDECINE (les mercredis et vendredis, à midi et demi). — M. CLAUDE BERNARD (de l'Institut et de l'Académie de médecine) traitera de la Médecine expérimentale. — La réouverture de ce cours sera annoncée par un avis particulier.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS INORGANIQUES (les mardis et vendredis, à deux heures). — M. ÉLIE DE BEAUMONT (de l'Institut), sénateur, professeur. — M. CH. SAINTE-CLAIRE DEVILLE (de l'Institut), conservateur de la collection géologique du Collége de France, suppléant, continuera de traiter des Roches au double point de vue de la nature de leurs éléments et de leurs gisements principaux.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS (les mardis et samedis, à deux heures). — M. MAREY, chargé du cours, traitera des Mouvements de la vie organique.

EMBRYOGÉNIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à une heure). — M. COSTE (de l'Institut) traitera de l'Ensemble des phénomènes que les animaux présentent dans leur développement. — Le cours commencera le 28 avril.

HISTOIRE DE LA MÉDECINE (les mardis et vendredis, à midi). — M. DAREMBERG (de l'Académie de médecine), chargé du cours, exposera l'Histoire générale de la médecine durant le XVIII[e] siècle. — Ce cours a commencé le 24 avril.

Muséum d'histoire naturelle de Paris.

MINÉRALOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à onze heures du matin). — M. DELAFOSSE (de l'Institut) a commencé ce cours le mercredi 15 avril 1868, à onze heures du matin, dans l'amphithéâtre de la galerie de minéralogie.

Après avoir exposé les propriétés générales des Minéraux et les principes qui servent de base à leur classification, le professeur traitera pl spécialement, cette année, des Métaux et des Combustibles non métall ques.

CHIMIE APPLIQUÉE AUX CORPS INORGANIQUES (les mardis, jeudis et sa dis, à deux heures). — M. FREMY (de l'Institut) commencera ce cour le mardi 21 avril 1868, à deux heures.

Dans cette partie du cours, le professeur développera les grandes d couvertes chimiques qui se rapportent à l'étude des Métalloïdes et celle des Métaux. Cet enseignement est à la fois théorique et pratiqu il se compose de leçons et de manipulations chimiques. Les auditeu qui voudront faire une étude approfondie de la chimie, trouveront a Muséum d'histoire naturelle un laboratoire dans lequel ils pourron gratuitement, s'exercer aux manipulations chimiques, sous la directio des professeurs de chimie. — Le cours qui s'ouvre le 21 avril 186 est le complément de l'enseignement chimique qui a commencé dans le laboratoires le 30 novembre 1867.

PALÉONTOLOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à midi et demi). — M. D'ARCHIAC (de l'Institut) a ouvert ce cours le mercredi 15 avril 1868, à midi et demi, dans l'amphithéâtre d'anatomie comparée.

Il traite des Faunes et des Flores de la période jurassique en Europe

DESSIN APPLIQUÉ A L'ÉTUDE DES ANIMAUX (les lundis, mercredis et vendredis, à onze heures). — M. BARYE a commencé ses leçons le lundi 30 mars 1868, à onze heures, dans la bibliothèque du Muséum d'histoire naturelle.

Les élèves peuvent modeler.

HISTOIRE NATURELLE DE L'HOMME OU ANTHROPOLOGIE (les mardis, jeudis, samedis, à trois heures et un quart). — M. DE QUATREFAGES (de l'Institut) commencera son cours le mardi 21 avril 1868, à trois heures et un quart.

Le professeur passera en revue, cette année, les principales questions générales relatives à l'histoire de l'espèce et des races chez les Végétaux et les Animaux, et fera l'application de cette étude à l'histoire naturelle de l'Homme.

BOTANIQUE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE (les lundis, mercredis et vendredis, à neuf heures du matin). — M. ADOLPHE BRONGNIART (de l'Institut), ou en son absence M. ARTHUR GRIS, docteur ès sciences, aide-naturaliste de la chaire, ouvrira ce cours le mercredi 22 avril 1868, à neuf heures.

Les leçons de cette année compléteront l'étude des Plantes phanérogames par l'examen des principales familles des Dicotylédones gymnospermes et des Monocotylédones. — M. *A. Brongniart* traitera spécialement des Végétaux phanérogames fossiles.

GÉOLOGIE (les mardis, jeudis et samedis, à midi). — M. DAUBRÉE (de l'Institut) a commencé ce cours le mardi 24 mars 1868, à midi, dans l'amphithéâtre de la galerie de minéralogie et de géologie.

Le professeur examine les manifestations principales de la chaleur interne du globe; il traite particulièrement de son influence sur la formation et la distribution dans l'écorce terrestre des différentes substances qui la constituent.

École supérieure de pharmacie de Paris.

ANNÉE SCOLAIRE 1867-1868. — SEMESTRE D'ÉTÉ.

PHARMACIE (les lundis, mercredis et vendredis, à neuf heures). — M. LE CANU, professeur, suppléé par M. BAUDRIMONT, agrégé.

BOTANIQUE (*Taxinomie et Botanique descriptive*) (les mardis, jeudis et samedis, à une heure et demie). — M. CHATIN, professeur.

CHIMIE ORGANIQUE (les mardis, jeudis et samedis, à trois heures). — M. BERTHELOT, professeur.

TOXICOLOGIE (les lundis, mercredis et vendredis, à quatre heures). — M. BOUIS, chargé de cours.

TRAVAUX PRATIQUES (1[re] *année*, les lundis, mercredis, jeudis et vendredis, à midi). — M. BAUDRIMONT, agrégé. — (2[e] *année*, les lundis, mercredis et vendredis, à midi) M. BUIGNET, professeur. — (3[e] *année*, (les lundis, jeudis, mercredis et vendredis, à midi) M. PERSONNE.

BOTANIQUE RURALE (*Herborisations*). — M. CHATIN, professeur. — La première herborisation aura lieu dimanche 26 avril, à Meudon.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 22 — 2 MAI 1868

UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE
(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

M. AGASSIZ
(correspondant de l'Institut).

Rapports fondamentaux des animaux entre eux et avec le monde ambiant, considérés comme base du système naturel de zoologie.

I. — Les traits principaux du système zoologique naturel sont tous fondés dans la nature.

Les classifications modernes des animaux et des plantes sont basées sur les particularités de leur structure. La structure, voilà, de l'avis général, le guide le plus fidèle, sinon le seul sûr, auquel puisse se remettre quiconque tente de déterminer les rapports naturels existant entre les animaux. Cette manière de voir me semble toutefois avoir pour résultat de circonscrire dans des limites trop étroites les bases du système naturel de la zoologie ou de la botanique. Elle exclut de nos considérations quelques-uns des caractères les plus frappants des deux règnes organiques, et laisse en doute à *quel point* l'arrangement ainsi obtenu est fondé en réalité, et *à quel point* il n'est que la simple expression de l'importance accordée par nous aux différences de structure. Voilà pourquoi il m'a paru opportun de faire une courte exposition des faits fondamentaux du règne animal. J'aurai ainsi occasion d'établir un terme de comparaison entre les changements que subissent les animaux durant l'accroissement et les caractères définitifs d'individus adultes d'un autre type. Peut-être parviendrai-je de cette manière à faire voir quels sont, en dehors de la structure, les autres traits généraux dont il y aurait avantage à tenir compte pour déterminer exactement les nombreux rapports existant, soit entre les animaux entre eux, soit entre les animaux et le monde ambiant, sur lesquels le système naturel doit être fondé.

Mais je ne saurais traiter de ces matières sans être amené à discuter quelques-uns des problèmes auxquels donne lieu l'origine des êtres organisés, et force me sera de toucher à certains points sur lesquels les savants ne se sont pas encore mis d'accord. Toutefois j'éviterai la controverse autant que possible. Je veux simplement essayer de faire connaître les résultats de mes propres études, de mes méditations particulières, aussi clairement que je le puis, dans le court espace qu'il m'est permis de consacrer à ce sujet.

Il n'y a pas, en histoire naturelle, de question sur laquelle on ait entretenu des opinions plus diverses que sur celle de la classification. Ce n'est pas que les naturalistes ne soient d'accord que sur la nécessité d'un arrangement quelconque pour la description des plantes et des animaux. Du premier jour où la nature est devenue l'objet d'études spéciales, ç'a été le but universel de tous les naturalistes de ranger les objets de leurs investigations dans l'ordre le plus naturel possible. Buffon lui-même, après avoir, aux premiers volumes de sa grande *Histoire naturelle*, nié qu'il existât rien dans la nature qui ressemble à un système, terminait son ouvrage en groupant les Oiseaux suivant certains caractères généraux offerts en commun par plusieurs de ces animaux. A la vérité, les auteurs ne s'entendent pas sur le degré d'importance propre aux caractères qui sont la base de leurs arrangements. A la vérité encore, tous n'envisagent pas ces arrangements du même point de vue. Les uns reconnaissent pleinement le caractère artificiel de leurs systèmes; les autres soutiennent au contraire que les leurs sont l'exacte expression des rapports établis par la nature entre les objets eux-mêmes. Mais que les systèmes aient été présentés comme naturels ou artificiels, on les a constamment considérés jusqu'à ce jour comme exprimant l'idée que l'homme se fait des choses de la nature, et non comme un plan conçu par l'Intelligence suprême et manifesté dans les choses (1).

Il n'y a, dans ces innombrables systèmes, qu'un seul point sur lequel tous semblent s'accorder : c'est l'existence dans la nature d'espèces distinctes persistant avec toutes leurs particularités. Au moins il en a été longtemps ainsi; mais l'immutabilité des espèces a été elle-même mise en question (2). Au delà de l'espèce, la foi dans la réalité des divisions généralement admises par les systématiseurs diminue grandement.

Ainsi, pour les *genres*, le nombre des naturalistes qui les admettent comme division naturelle est très-petit; bien peu d'entre eux ont exprimé la croyance que les genres ont une existence aussi distincte que les espèces. Quant aux familles, aux ordres, aux classes, ou à toute autre division supérieure,

(1) Les expressions si communément usitées quand il s'agit des genres, des espèces ou des grandes divisions de nos systèmes. M. A*** *a fait* de telle espèce *un genre;* M. B*** *emploie* telle ou telle espèce pour *former* son genre; et celles que beaucoup de naturalistes se permettent quand ils parlent de *leur* espèce, *leur* genre, *leur* famille, *leur* système, mettent pleinement en lumière cette conviction, que les groupes ainsi désignés sont la création propre de celui qui parle. Or, si les idées que j'exprimerai plus loin ont quelque justesse, cette prétention ne se justifie qu'autant que ces groupes ne sont pas vrais dans la nature.

(2) J.-B. de Lamarck, *Philosophie zoologique*. Paris, 1809, 2 vol. in-8; 2ᵉ édit., 1830. — The Rev. Baden Powell, *Essays on the spirit of the Inductive Philosophy*, etc. London, 1855, 1 vol. in-8. — Voyez dans notre tome III (1866), pages 296 et 312, deux leçons de M. Lacaze Duthiers sur Lamarck, et dans notre tome IV, pages 225 et 280 (conférence de A. Müller).

on les regarde universellement comme d'utiles artifices imaginés pour rendre plus facile l'étude des objets innombrables et pour les grouper de la manière la plus commode. L'indifférence avec laquelle cette partie de notre science est généralement traitée devient injustifiable, quand on songe aux progrès que la zoologie en général a faits dans ces derniers temps. Ce n'est pas chose sans importance que, dans nos traités systématiques, les genres soient circonscrits dans telle ou telle limite, que les familles embrassent un groupe plus lâche ou plus resserré de genres, que tel ordre soit ou non compris dans telle classe, que la classe finisse ici ou là, que les classes soient rapprochées les unes des autres d'une manière quelconque, et que tous ces groupes, enfin, soient considérés ou non comme ayant leur fondement dans la nature humaine.

Je ne veux pas me livrer ici à l'analyse des nombreux systèmes zoologiques. Le trait saillant de ces systèmes est suffisamment sensible, pour l'objet que je me propose, dans ceux de Linné et de Cuvier, avec lesquels quiconque étudie l'histoire naturelle est nécessairement familier. Mais n'est-il pas indispensable de se demander si véritablement le règne animal n'offre que les subdivisions peu nombreuses en ordres et genres indiquées par Linné, ou si, en effet, il y a au sein même des classes les différences nombreuses et considérables que le système de Cuvier nous fait admettre? Faut-il croire qu'en définitive cette construction si compliquée de la classification est tout simplement une ingénieuse invention humaine que chacun peut refaire à son gré et à sa convenance ? Si l'on songe que tous les travaux d'histoire naturelle admettent un système quelconque ou quelque chose qui y ressemble, on conviendra que le naturaliste digne de ce nom a le devoir de s'assurer de la valeur réelle de toutes ces divisions.

L'embryologie, d'ailleurs, nous impose à chaque pas l'obligation de cette recherche. Il est impossible d'établir une comparaison exacte entre les différents états d'accroissement des embryons d'un groupe supérieur et les caractères permanents des adultes d'un autre type, sans avoir, au préalable, déterminé la valeur des groupes auxquels on devra comparer l'embryon.

Avant d'aller plus loin, je veux soumettre une hypothèse à la considération du lecteur. Supposons que les innombrables animaux articulés dont on connaît des dizaines de mille, que dis-je, des centaines de mille n'aient jamais, à une seule exception près, paru sur la terre. Ainsi, notre Homard, par exemple (*Homarus americanus*), serait le seul représentant de ce type si extraordinairement diversifié. A quel titre introduirons-nous cet animal d'une nouvelle sorte dans nos systèmes? Sera-ce simplement comme un genre ne comprenant qu'une seule espèce que nous placerons à côté de toutes les autres classes composées d'ordres, de familles, etc. ? ou bien en formerons-nous une famille avec un genre et une espèce, ou une classe avec un ordre et un genre, ou une classe avec une famille et un genre ? Devrons-nous admettre, à l'occasion de ce seul Homard, à côté des Vertébrés, des Mollusques, des Rayonnés, un type nouveau, celui des Articulés, ou sera-t-il plus naturel de ne lui donner qu'un nom et de n'en faire qu'une espèce, contrairement à ce qui a eu lieu pour tous les autres animaux ? C'est la considération de ce cas supposé qui m'a conduit à faire l'examen dont l'exposé va suivre. Il fournira, je l'espère, la solution définitive de ce problème en apparence insoluble.

Il va de soi que notre Homard ne saurait être tel qu'il est sous nos yeux qu'à la condition d'être bâti sur le mê plan de structure qu'il manifeste aujourd'hui ; or, si je réus à prouver qu'il y a entre la conception idéale d'un plan et réelle exécution de ce plan une différence possible sur quelle sont fondées les classes, par opposition avec le ty auquel elles appartiennent, nous pouvons arriver à disting le type de la classe par l'étude approfondie de cet Artic unique aussi bien que par celle de tous les Articulés. No pourrons donc reconnaître son type et déterminer les cara tères de *sa* classe aussi complétement que si le type compr nait plusieurs classes, et chacune de celles-ci des millie d'espèces. Puis, comme cet animal a une forme qu'il n'est p possible de méconnaître, si la forme peut être regardé comme caractéristique des familles, nous pourrons détermi ner sa famille. De plus, après l'ensemble de la structure d'o dérivent les rapports fondamentaux de tous les systèmes d'or ganes entre eux, dans leur naturel développement, notr étude peut porter sur les détails de cette structure dans cha que partie prise à part, et nous voilà amenés à reconnaîtr ce qui partout constitue les caractères du genre. Enfin comme ce Homard a avec le monde ambiant des rapport définis, comme entre les individus vivants dans le mêm temps il y a des rapports définis, comme les parties du corp ont entre elles des proportions définies, comme la surfac du corps exhibe une ornementation spéciale, les caractère de l'espèce peuvent être tracés aussi complétement que si un certain nombre d'autres espèces étaient là pour nous servi de terme de comparaison, et il est possible de représenter e de décrire ces caractères avec une certitude suffisante pour que nous distinguions à l'avenir cette espèce de toute série d'espèces postérieurement découvertes, quelque étroitement alliées que soient d'ailleurs ces nouvelles venues à la première. Dans ce cas donc, nous aurons à reconnaître un embranchement distinct du règne animal, puis une classe, une famille, un genre, avant d'introduire une espèce à la place qui lui appartient dans le système des animaux. Mais la classe n'aura pas d'ordres, pour peu que l'ordre marque un certain rang déterminé par la complication de la structure. Là, en effet, où il n'y a qu'un seul représentant du type, il n'y a pas lieu de se demander s'il est supérieur ou inférieur à d'autres dans les limites de la classe, et les ordres sont des groupes subordonnés l'un à l'autre dans une même classe.

Ainsi, même dans ce cas, le problème du rang à assigner aux Articulés, comme type, parmi les autres grands embranchements du règne animal, s'imposerait à nos recherches. Seulement il se présenterait sous un aspect autre que celui qu'en réalité il nous offre aujourd'hui, puisque la comparaison entre les Articulés et les autres types serait alors bornée au seul Homard, et nous serions conduits à un résultat tout différent de celui auquel nous permet d'atteindre l'existence, dans ce type, d'un nombre considérable de variations fort étendues et appartenant même à des classes diverses. De telles spéculations sont loin d'être oiseuses. Cela doit être évident pour tous ceux qui n'ignorent pas que, à chacune des périodes dont se compose l'histoire de notre globe dans les temps géologiques antérieurs, les rapports généraux entre les types du règne animal, les proportions numériques, l'importance relative de ces types, ont constamment changé jusqu'au jour où les rapports actuellement existants ont été établis (1).

(1) L'établissement d'une série de classifications zoologiques et bo-

Ainsi, des individus d'une espèce unique, observés pendant la vie, présentent simultanément des caractères qu'il n'est possible d'exprimer tous, d'une manière satisfaisante et conforme aux manifestations de la nature, qu'à la condition d'indiquer non-seulement une espèce distincte, mais encore un genre distinct, une famille distincte, une classe distincte, un embranchement distinct. Un tel fait n'est-il pas par lui-même la preuve que les genres, les familles, les ordres, les classes, les embranchements, ont, aussi bien que l'espèce, leur fondement dans la nature même, et que les individus qui vivent dans le même temps n'ont qu'une existence matérielle et sont seulement les supports, *substratum*, d'une part, de toutes ces catégories diverses de la structure sur lesquelles se fonde le système naturel de la zoologie, et, d'autre part, de tous les rapports que les animaux entretiennent avec le monde ambiant? N'est-il pas la preuve, enfin, qu'en dépit de la croyance générale, l'espèce n'existe pas dans la nature d'une autre manière que les groupes supérieurs?

Cette division en embranchements, classes, ordres, familles, genres et espèces, expression du résultat de nos recherches sur les rapports généraux du règne animal, première question qu'offrent à notre examen les systèmes scientifiques d'histoire naturelle, me semble digne d'exercer les méditations de tout homme qui pense. Ces coupes sont-elles naturelles ou artificielles? Sont-elles une pure invention de l'esprit humain cherchant à classer et à disposer ses connaissances de manière à en embrasser plus aisément l'ensemble et à faciliter ses recherches ultérieures, ou bien ont-elles été instituées par l'intelligence divine comme les catégories de sa pensée (1)? N'aurions-nous été, dans nos essais d'explication de la nature, que les interprètes inconscients d'une conception divine? Quand, orgueilleux philosophes, nous croyons inventer des systèmes scientifiques et classer la création par la seule force de notre raison, ne ferions-nous que suivre humblement, que reproduire, à l'aide d'expressions imparfaites, le plan dont les fondements furent jetés à l'origine des choses? Sous l'effort incessant de nos pénibles études, est-ce seulement le développement de ce dessein originel qui se découvre, alors qu'accumulant et coordonnant les fragments de connaissance, nous nous imaginons remettre de l'ordre dans le chaos? Cet ordre est-il le laborieux produit de l'habileté et de l'ingéniosité humaines, ou bien est-il tellement inhérent aux objets eux-mêmes, que le naturaliste soit, sans en avoir conscience, amené par l'étude du règne animal à établir en définitive les grandes divisions sous lesquelles il range les animaux, et qui ne sont, dans la réalité, que les têtes de chapitres du grand livre qu'il s'agit de déchiffrer? A moi, il me paraît incontestable que cet ordre, cet arrangement, fruit de nos études, sont basés sur les rapports naturels, sur les relations primitives de la vie animale; que ces systèmes, désignés par nous sous le nom des grands maîtres de la science qui, les premiers, les proposèrent, ne sont en réalité que la traduction dans la langue de l'homme des pensées du Créateur. S'il en est vraiment ainsi, cette faculté qu'a l'intelligence humaine de s'adapter aux faits de la création (1), et en vertu de laquelle elle parvient instinctivement, sans en avoir conscience, je le répète, à interpréter les pensées de Dieu, n'est-ce pas la preuve la plus concluante de notre affinité avec le divin esprit? Ce lien spirituel et intellectuel avec la Toute-Puissance ne doit-il pas nous faire profondément réfléchir? S'il y a quelque vérité dans la croyance que l'homme a été fait à l'image de Dieu, rien n'est plus opportun pour le philosophe que de s'efforcer, par l'étude des opérations de son propre esprit, de se rapprocher des œuvres de la raison divine! Qu'il apprenne, en pénétrant la nature de sa propre intelligence, à mieux comprendre l'intelligence infinie, dont la sienne n'est qu'une émanation! Une semblable recommandation peut, à première vue, paraître irrespectueuse. Mais lequel est véritablement humble? Celui qui, après avoir pénétré les secrets de la création, les classe suivant une formule qu'il appelle orgueilleusement *son* système scientifique, ou celui qui, arrivé au même but, proclame sa glorieuse affinité avec le Créateur, et, plein d'une reconnaissance ineffable pour un don aussi sublime, s'efforce d'être l'interprète complet de l'intelligence divine, avec laquelle il lui est permis, bien plus il lui est, de par les lois de son être, ordonné d'être en communion?

J'avoue que cette question de la nature et du fondement de nos classifications scientifiques a, à nos yeux, une suprême importance, une importance de beaucoup supérieure à celle que l'on y attache ordinairement. S'il est une fois prouvé que l'homme n'a pas inventé, mais seulement reproduit cet arrangement systématique de la nature; que ces rapports, ces proportions, existant dans toutes les parties du monde organique, ont, dans l'esprit du Créateur, leur lien intellectuel et idéal; que ce plan de création, devant lequel s'abîme notre sagesse la plus haute, n'est pas issu de l'action nécessaire des lois physiques, mais a au contraire été librement conçu par l'Intelligence toute-puissante, et mûri dans sa pensée avant d'être manifesté sous des formes extérieures tangibles; si, enfin, il est démontré que la préméditation a précédé l'acte de la création, nous en aurons fini, une fois pour toutes, avec les théories désolantes qui nous renvoient aux lois de la matière pour avoir l'explication de toutes les merveilles de l'univers, et, bannissant Dieu, nous laissent en présence de l'action mo-

techniques, dont chacune présenterait le système naturel des types qui ont eu une existence simultanée pendant plusieurs périodes successives, et la considération de ces types, pris dans leur ensemble particulier et indépendamment de leurs rapports avec ceux des autres périodes, nous montreraient sous une vive lumière les relations diverses qui ont existé à chaque époque entre les classes, les ordres, les familles, les genres même et les espèces. Alors apparaîtrait, de manière à nous impressionner vivement, l'importance d'une exacte détermination du rang à assigner à tous les animaux et à toutes les plantes. Ce n'est que par déduction que nous pouvons établir ce rang, quand même nous étudions ceux des ouvrages de paléontologie où les débris fossiles sont examinés au point de vue de leur association dans les diverses formations zoologiques. Dans tous ces ouvrages, en effet, ces restes des anciens âges sont uniformément classés d'après un système basé sur l'étude des animaux actuels, et la combinaison particulière qu'ils formaient durant une période donnée nous frappe bien moins.

(1) Il ne faut pas perdre de vue qu'un système peut être naturel, c'est-à-dire d'accord, à tous égards, avec les phénomènes de la nature, tout en étant regardé par son auteur non comme la manifestation des pensées d'un Créateur, mais simplement comme l'expression d'un fait existant dans la nature n'importe comment, et que l'esprit humain parvient à définir et à représenter sous une forme systématique de sa propre invention.

(1) L'esprit humain est à l'unisson de la nature, et bien des choses semblent le résultat des efforts de notre intelligence, qui sont seulement l'expression naturelle de cette harmonie préétablie. D'un autre côté, l'univers entier peut être considéré comme une école où l'homme apprend à connaître et lui-même, et ses rapports tant avec les autres êtres ses compagnons qu'avec la cause première de tout ce qui est.

notone, invariable, de formes physiques assujettissant toutes choses à une inévitable destinée (1).

Or, je crois notre science parvenue aujourd'hui à un degré d'avancement qui permet de tenter cette démonstration.

En général, c'est de la conformité des moyens avec les fins qu'est tiré l'argument en preuve de l'existence de Dieu. C'est sur cet argument que sont basés, par exemple, les *Bridgewater Treatises*. A mon avis, c'est là un moyen insuffisant. On conçoit, en effet, très-bien que l'action naturelle des objets les uns sur les autres se résolve en un concours final de toutes choses, et produise ainsi un tout harmonique. L'argument déduit du rapport entre l'organe et la fonction ne me satisfait pas davantage. D'ailleurs, au delà d'une certaine limite, il cesse d'être vrai. On trouve des organes qui n'ont pas de fonctions: telles sont les dents de la baleine, qui ne percent jamais les gencives, et les mamelles chez tous les mâles des mammifères. Ces organes et d'autres semblables n'ont été conservés que pour maintenir une certaine uniformité dans la structure fondamentale; mais par rapport à la formule originelle du groupe auquel appartiennent les animaux qui les possèdent, ils ne sont pas essentiels quant à la manière de vivre de ces animaux. Leur présence n'a pas pour but l'accomplissement de la fonction, mais l'observance d'un plan déterminé (2). Elle fait songer à telle disposition fréquente dans les constructions des hommes, où l'architect par exemple, reproduit extérieurement les mêmes combin sons en vue de la symétrie et de l'harmonie des proportion mais sans aucun but pratique.

Je proteste que mon intention n'est pas d'introduire i un argument étranger à mon sujet, ni d'avancer des co clusions qui n'en découleraient pas immédiatement. Ma je ne puis négliger et passer sous silence l'étroite co nexion qu'il y a entre les faits établis par les recherches de science et les discussions qui se sont récemment produit sur l'origine des êtres organisés. De l'avis de certaines gen je le sais, croire que la pensée n'est pas tant soit peu inhé rente à la matière n'est pas d'un savant; pour eux, il n'y pas de différence essentielle entre les êtres inorganiques e les êtres qui vivent et qui pensent. Mais ces prétentions d'un fausse philosophie ne m'empêcheront pas d'exprimer la con viction où je suis que, jusqu'à ce qu'on parvienne à prouve que la matière ou les forces physiques peuvent véritablem raisonner, force nous est de considérer toute manifesta de la pensée comme témoignant de l'existence d'un être pe sant, auteur de cette pensée; force nous est de regarder tou liaison intelligente et intelligible entre les phénomèn comme une preuve directe de l'existence d'un Dieu q pense (1), aussi certainement que l'homme manifeste la f culté de penser quand il reconnaît cette liaison naturelle de choses.

Je ne veux pas écrire un traité didactique; je n'entrer donc dans le détail des faits relatifs aux différents objets que je soumets à la considération du lecteur qu'autant que cela sera nécessaire à la discussion. Je n'insisterai pas non plus bien longuement sur les conclusions qui en résultent. Je ne ferai que rappeler les faits principaux qui témoignent en faveur de ma thèse, et je supposerai, dans le cours de mon argumentation, que le lecteur est familier avec toute la série de données sur laquelle elle s'appuie, soit qu'il s'agisse des affinités ou de la structure anatomique des animaux, de leurs mœurs ou de leur distribution géographique, soit que je traite de l'embryologie ou de la succession des êtres animés à travers les âges géologiques antérieurs, ou encore des particularités que ces êtres ont présentées à chaque époque (2).

(1) Je ne fais allusion, ici, qu'aux doctrines des matérialistes. Je crois cependant utile d'ajouter que certains physiciens, fort choqués d'ailleurs qu'on les prît pour des matérialistes, ne sont pas loin de croire que tout est expliqué, par cela seul qu'ils ont reconnu les lois régulatrices du monde physique et proclamé que ces lois ont été établies par Dieu. Les phénomènes du monde inorganique les préoccupent seuls, comme si le monde ne contenait pas d'êtres vivants, et comme si ces êtres vivants ne différaient en rien des êtres inorganiques. Ces physiciens prennent pour un rapport de causalité le lien intellectuel qu'on observe entre les phénomènes d'une même série; ils ne veulent pas apercevoir une différence quelconque entre le désordre et l'action libre, indépendante, maîtresse d'elle-même, d'une intelligence suprême. Pour eux, l'allusion la plus légère à l'existence, chez les animaux, d'un principe immatériel qu'ils reconnaissent d'ailleurs dans l'homme, est mysticisme pur (*Powell's Essays*, etc., pages 385, 466, 478). Je ferai remarquer encore qu'en opposant l'un à l'autre les mots de création et de reproduction, je veux simplement exprimer la différence qu'il y a entre le cours régulier des phénomènes de la nature et l'établissement de cet ordre de choses, sans essayer d'expliquer ces deux faits. De quelque manière qu'ait été introduit sur la terre un ordre de choses quelconque, y ayant persisté durant un certain temps, il est évident, en effet, que l'établissement de cet ordre de choses et son maintien durant une période déterminée sont deux faits fort différents, quoique fréquemment on puisse les regarder comme identiques. Il n'est pas moins évident que les lois capables d'expliquer les phénomènes du monde matériel, envisagé à part du monde organique, sont impuissantes à rendre compte de l'existence des êtres vivants, encore bien que ceux-ci aient un corps matériel, à moins qu'il ne soit positivement démontré que l'action de ces lois implique, de par leur nature même, la production d'êtres de cette espèce. Jusqu'ici les expériences de Cross sont les seules qu'on nous ait présentées comme donnant la preuve que cette production a lieu. J'ignore ce qu'en pensent les physiciens; mais je sais que pas un véritable zoologiste n'hésitera à voir dans ces expériences une méprise complète. Même lorsque la vie s'approprie le monde physique avec tous les phénomènes qui sont propres à celui-ci, elle montre encore quelque chose d'un ordre particulier et supérieur qui ne peut pas s'expliquer par des actions physiques. A la vérité, cette circonstance que la vie est profondément implantée au sein de la nature inorganique, fait irrésistiblement naître la tentation d'expliquer l'une par l'autre, mais on doit bien voir maintenant combien vaines ont été les tentatives faites dans ce but.

(2) L'uniformité de structure des membres chez les animaux à sabot et les Pinnipèdes, dont les doigts ne se meuvent jamais, et chez les animaux où ces organes ont les articulations les plus parfaites et les mouvements les plus libres, rend cela tout à fait évident.

(1) Je sais bien que les savants les plus éminents regardent la tâche de la science comme terminée dès que les rapports les plus généraux existant entre les phénomènes ont été établis. A quelques-uns la recherche de la cause première de notre existence semble chimérique, le but dépassant le pouvoir de l'homme; tout au moins appartiendrait-elle à la philosophie et non à la physique. Pour d'autres, le nom de Dieu n'est pas à sa place dans un ouvrage scientifique, comme si la connaissance des causes secondes constituait seule un objet digne de leurs investigations, et comme si la nature ne pouvait rien nous révéler de son auteur. D'autres encore ont bien, à la vérité, la conviction que le monde a été appelé à l'existence et est gouverné par un Dieu intelligent; mais cette conviction ils n'osent pas l'exprimer : ceux-ci, de peur qu'on ne suppose qu'ils partagent les préjugés du clergé ou des sectes; ceux-là, parce qu'il peut être dangereux pour eux de discuter librement de telles questions sans admettre en même temps l'obligation de prendre l'Ancien Testament comme la règle sur laquelle la validité de leurs conclusions sera mesurée. La science cependant ne peut prospérer que lorsqu'elle se renferme dans sa sphère légitime, et rien ne peut nuire davantage à sa dignité que des discussions pareilles à celles qui ont eu lieu à Göttingen, au congrès de l'Association des naturalistes allemands, en 1857, ou à celles qui depuis lors se sont produites dans certains pamphlets où la bigoterie rivalise avec les personnalités et les invectives.

(2) Un grand nombre de questions qui n'ont été que peu étudiées jusqu'ici par la plupart des naturalistes, mais auxquelles j'ai depuis

valeur quand on contemple le plan d'ensemble de la création; et si l'on n'envisage pas dans leur ensemble tous les faits fournis par l'étude des mœurs des animaux, de leur anatomie, de leur embryologie, de leur histoire aux anciens âges du globe, il est impossible d'arriver à la connaissance du système naturel de la zoologie.

Examinons donc quelques-uns de ces points d'une façon plus particulière.

II. — Les types les plus diversifiés existent simultanément dans des conditions identiques.

Il est un fait que ceux qui admettent que l'action des causes physiques a pu aller jusqu'à faire naître les êtres organisés me semblent avoir laissé entièrement de côté : c'est que partout on trouve, dans des circonstances identiques, les types d'animaux et de plantes les plus divers. La plus petite nappe d'eau douce, une parcelle de la plage marine, le moindre coin de terre, contiennent une certaine variété d'animaux et de plantes. Plus resserrées sont les limites qui peuvent être assignées à l'habitat primitif de ces êtres divers, plus uniformes sont nécessairement les conditions sous lesquelles ils sont supposés s'être produits et organisés, et, d'une telle uniformité il faudrait conclure que les mêmes causes physiques ont pu produire les effets les plus variés (1). Que si, au contraire, première sur une vaste surface, on reconnaîtrait par cela même que les influences physiques sous lesquelles ils ont existé à l'origine n'avaient rien d'assez spécifique pour justifier la supposition qu'elles ont été la cause de cette apparition. De quelque manière donc qu'on envisage la première apparition sur la terre des êtres organisés, soit qu'on suppose qu'ils aient pris origine sur la plus petite surface, soit qu'on admette qu'ils se sont montrés, dès le principe, aux plus extrêmes limites des circonscriptions géographiques naturellement occupées par eux de nos jours, comme partout, les animaux et les plantes présentent la diversité la plus extraordinairement étendue, il est bien évident que les agents physiques au milieu desquels ils subsistent ne peuvent pas logiquement être regardés comme la cause de cette variété. A ce point de vue comme à tout autre, quand nous considérons quelles sont les relations que les animaux et les plantes entretiennent, soit entre eux, soit avec les circonstances au milieu desquelles ils vivent, nous sommes inévitablement conduits à chercher au delà des faits matériels l'explication de leur existence. Ceux qui ont envisagé ce sujet différemment ont pris l'action et la réaction qui partout existent entre les êtres organisés et les influences physiques au sein desquelles ils vivent pour un rapport générique ou de causalité. Ils ont même poussé l'erreur assez loin pour affirmer que ces influences multiples pouvaient réellement aller jusqu'à produire des organismes vivants, sans s'apercevoir combien l'effet était hors de proportion avec la cause, et sans songer que l'action elle-même des agents physiques sur les

---

longues années consacré une attention particulière, sont présentées ici sous une forme aphoristique et comme des résultats bien établis par des recherches approfondies. Ces recherches n'ont pas été publiées, mais la plupart d'entre elles seront exposées complétement plus tard, ou l'ont été dans un livre spécial sur le plan de la création (voy. L. Agassiz, *On the Difference between progressive, embryonic, and prophetic Types in the Succession of organized Beings*, in *Proceed. 2d meeting Amer. Assoc. for the Advancement of Science, held at Cambridge in 1849*. Boston, 1850, 1 vol. in-8, p. 432).

(1) Pour apprécier toute la valeur de cette objection, il suffit de se rappeler combien complexes et en même temps combien localisées sont les conditions sous lesquelles les animaux se multiplient. L'œuf prend naissance dans un organe spécial, l'ovaire; il y acquiert un certain degré d'accroissement ; après quoi, pour déterminer le développement ultérieur du germe, la fécondation devient nécessaire, c'est-à-dire l'influence d'un autre être vivant, ou tout au moins celle du produit d'un autre organe, le spermaire. A son tour, le germe traverse successivement, dans des conditions très-diverses pour des espèces différentes, des phases nombreuses avant de se transformer en un nouvel être parfait. Je le demande donc : est-il probable que les circonstances au sein desquelles animaux et plantes ont été originairement produits, fussent beaucoup plus simples ou même aussi simples que celles nécessaires à la seule reproduction des êtres déjà créés ? Avant donc que les êtres animés parussent, il avait dû être pourvu aux conditions qu'exige leur développement, et si, comme je le crois, ils ont été créés à l'état d'œuf, ces conditions étaient conformes à celles que réclament actuellement les représentants vivants des types produits à l'origine. Si l'on suppose que les êtres organisés ont été mis au monde à un degré de vie plus avancé, la difficulté devient bien plus grande encore. Il ne faut qu'un instant de réflexion pour s'en convaincre, pour peu surtout qu'on se souvienne de quelle structure compliquée étaient doués quelques-uns des animaux connus pour avoir été au nombre des premiers habitants du globe. Quand on étudie ce problème de l'apparition première des animaux et des plantes, il est très-important de ne tenir compte que des probabilités, ou même, plus simplement encore, des possibilités : or, pour ce qui est des premiers-nés, au moins, la doctrine de la transmutation ne fournit aucune explication de leur existence.

Pour chacune des espèces qui ont fait partie de la première faune ou de la première flore qui ont existé sur la terre, il a dû, par conséquent, être pourvu aux rapports spéciaux, aux dispositions spéciales. Ce qui eût alors convenu pour l'une aurait été impropre à l'autre, si bien que l'existence de la première excluant celle de la seconde, elles ne peuvent pas avoir pris origine sur le même point ; et, sur une surface plus étendue, les agents physiques ont un mode d'action trop uniforme pour avoir pu fonder des différences spécifiques aussi nombreuses que celles qui ont existé parmi les premiers habitants de notre globe..

Le terme de nos recherches, quant à la reproduction et à la multiplication des animaux, c'est l'œuf incontestablement. Nous savons que jamais il ne se forme d'œuf librement, mais que ce point de départ de tout être nouveau est un produit d'un organisme spécial ; c'est-à-dire qu'il suppose l'existence d'un parent. Notre science ne va pas au delà. C'est seulement dans les limites ainsi posées que nous pouvons discuter la question de reproduction. Pour ce qui est du mode d'origine des êtres organisés lors de leur apparition première, il est évident que la science ne nous fournit encore aucune donnée précise, et si je me suis aventuré à dire que le point de départ le plus simple me paraissait être l'œuf, c'est par analogie avec ce qui a lieu lors de leur reproduction. Il semble, en effet, naturel que la condition préalable nécessaire à la reproduction d'un nouvel être soit envisagée comme une des conditions préalables nécessaires à sa première apparition, et lorsque nous voyons tous les nouveaux êtres organisés appartenant à des types existant commencer par un œuf, il semble légitime de supposer aussi que l'œuf a été le point de départ de l'espèce à son origine. S'il est incontestable que pour la reproduction, un parent soit nécessaire à la production d'un œuf, jusqu'à ce qu'il ait été démontré que l'être primitif s'est formé autrement, je ne puis m'empêcher de m'arrêter, dans l'état actuel de nos connaissances, à l'idée d'un œuf primitif ayant pour parent un acte de création.

Ainsi voilà le cas le plus simple auquel nous puissions être conduits, si nous nous en tenons scrupuleusement à l'étude des faits ! Or, même ce cas le plus simple est fort complexe ; il a des dépendances nombreuses et étendues dont il nous est impossible de concevoir qu'il soit isolé. Notre perplexité et notre embarras demeurent donc les mêmes. Que serait-ce si nous admettions, comme le font certaines théories, des conditions bien plus nombreuses et bien plus compliquées, des dépendances multiples, des agents inharmoniques, etc. ? Et cependant les auteurs de ces théories n'en sont pas le moins du monde embarrassés.

toire de la terre, une certaine période à laquelle aucun animal n'existait encore, bien que, dans ce temps, la constitution matérielle de notre globe et les forces physiques à l'action desquelles il est soumis fussent absolument les mêmes qu'aujourd'hui (2). Ce fait prouverait à lui seul que les forces de la matière étaient impuissantes à produire au jour un être vivant quelconque.

Les physiciens ont de ces forces une connaissance incontestablement plus complète que les naturalistes, qui rapportent aux agents physiques l'origine de l'organisation et de la vie. Eh bien, demandons aux physiciens si la nature de ces agents n'est pas spécifique, si leur mode d'action n'est pas spécifique? Tous répondront par l'affirmative. Demandons-leur encore si, dans l'état actuel de nos connaissances, il est admissible que les forces physiques aient produit, à une époque quelconque, quelque chose qu'elles ne dussent pas plus longtemps produire, et s'il est probable que ce quelque chose ait été les êtres organisés? Ou je me trompe fort, ou les maîtres dans cette branche de la science répondront unanimement : Rien de cela n'est possible.

Non, la corrélation existant entre les êtres animés et les

(1) Un examen critique de ce point dissipera en grande partie la confusion qui règne dans les discussions relatives à l'influence des causes physiques sur les êtres organisés. Qu'il existe des rapports définis entre les animaux, les végétaux et les milieux dans lesquels ils vivent, aucun de ceux à qui les phénomènes du monde organique sont connus n'en peut douter. Que ces milieux et tous les agents physiques à l'œuvre dans la nature exercent une certaine influence sur les êtres organisés, c'est tout aussi évident. Mais avant qu'une telle action pût avoir lieu et se faire sentir, il a fallu que les êtres organisés existassent. Le problème posé renferme donc deux questions : 1° l'influence des agents physiques sur les animaux et les plantes déjà existants ; 2° l'origine de ces êtres. Quand on a reconnu l'influence de ces agents sur les êtres organisés aussi bien et aussi profondément qu'il est possible de constater cette influence, il reste toujours la question d'origine, sur laquelle nul débat, nulle observation n'a encore fait la lumière. Pour certaines personnes, les organismes ont spontanément pris naissance sous l'action immédiate des forces physiques, et se sont successivement et de plus en plus diversifiés, grâce aux changements graduellement produits en eux par ces mêmes forces. Selon d'autres, Dieu a institué, à l'origine des choses, les lois qui régissent la nature, et de l'activité de ces lois sont résultés les êtres vivants. Pour d'autres encore, ces êtres doivent la naissance à l'intervention immédiate d'un Créateur intelligent. Les paragraphes suivants ont pour objet de démontrer qu'il n'y a pas, dans la nature, de lois ou de forces connues des physiciens, à l'influence et à l'action desquelles puisse être rapportée l'origine des êtres organisés ; qu'au contraire, la véritable nature de ces êtres, leurs rapports, soit entre eux, soit avec le monde ambiant, révèlent une pensée, et ne peuvent conséquemment être attribués qu'à l'action immédiate d'un être pensant, bien que la manière dont ils ont été appelés à l'existence demeure, pour l'heure présente, un mystère.

(2) Un petit nombre de géologues seulement inclinent encore à croire que les couches les plus inférieures où sont rencontrés les fossiles ne sont cependant pas les dépôts les plus anciennement formés depuis l'apparition des êtres organisés. Mais ceux-là même qui supposent qu'on pourra découvrir, au-dessous de ces dépôts fossilifères, d'autres couches fossilifères plus anciennes, ou qui croient à la destruction, par les agents plutoniques, des fossiles des terrains inférieurs (*Powell's Essays*, etc., p. 424), ceux-là même, dis-je, doivent reconnaître qu'à la plus grande profondeur où les fossiles aient été trouvés, on a rencontré des organismes extrêmement divers. De plus, il y a entre les fossiles les plus anciens découverts dans les différentes parties du globe une telle similitude de caractères, qu'on ne peut plus douter, à mon avis, que nous ayons la connaissance positive des types primordiaux du règne animal. Cette conclusion me semble confirmée par cet autre fait, que partout, au-dessous des couches fossilifères les plus anciennes, on trouve d'autres couches stratifiées dans lesquelles il est impossible de découvrir même la trace d'êtres organisés.

comme établis, déterminés, réglés par un être pensant. Ils ont dû être fixés, pour chaque espèce, dès l'origine, et leur persistance à travers toutes les générations qui se sont succédé est une preuve nouvelle que les relations des individus entre eux, celles du genre, celles de la famille, celles enfin des degrés d'affinité supérieure, n'ont pas été déterminées avec moins de rigueur que celles qui s'observent entre les animaux et le monde environnant. Ce n'est donc pas seulement dans ce dernier ordre de rapports que la pensée éclate, mais d'autres pensées se manifestent encore qui embrassent à la fois, dans l'ensemble et dans les détails, chacun des caractères de chacune des espèces.

A l'appui de cet argument, on peut invoquer tous les faits relatifs à la distribution géographique des animaux et des plantes, et en particulier le caractère de toutes les faunes et de toutes les flores répandues à la surface du globe. Il faut lire les ouvrages spéciaux sur la botanique ou la zoologie de contrées différentes, ou les traités particuliers sur la distribution géographique des êtres animés, pour se faire une idée de l'extrême variété des animaux et des plantes qui vivent ensemble dans une même région.

Mais, objectera-t-on peut-être, certains animaux qui vivent dans des conditions exceptionnelles offrent des particularités de structure qui semblent le résultat de ces conditions : ainsi le poisson aveugle, l'écrevisse aveugle et les insectes aveugles (1) de la caverne du Mammouth, dans le Kentucky, fournissent un témoignage incontestable de l'influence immédiate de conditions exceptionnelles sur l'organe de la vision. S'il en est ainsi, dirai-je à mon tour, comment se fait-il que ce poisson remarquable, l'*Amblyopsis spelæus*, ait même des affinités éloignées avec les autres poissons? La somme des influences qui sont intervenues dans la production de ce poisson aveugle aurait-elle été capable d'imaginer cette combinaison de dispositions structurales communes à ce poisson et à tous les autres, et de particularités le distinguant au contraire d'eux tous? L'existence d'un œil rudimentaire découvert par le docteur J. Wyman dans le poisson aveugle ne prouve-t-elle pas plutôt que cet animal, comme tous les autres, a été créé avec tous ses caractères particuliers, par le *fiat* du Tout-Puissant, et que ce rudiment d'œil lui a été laissé comme réminiscence du plan général de structure sur lequel est construit le grand type auquel il appartient? Peut-être un de ces naturalistes qui savent ainsi, mieux que les physiciens, ce que peuvent produire les forces physiques, qui savent ce qu'elles ont produit, qui savent qu'elles ont produit des êtres organisés, nous expliquera-t-il pourquoi les grottes souterraines de l'Amérique donnent naissance à des poissons aveugles, à des crustacés et à des insectes aveugles, tandis que celles de l'Europe mettent au monde des batraciens à peu près aveugles? Si aucune pensée n'a présidé à ces choses, pourquoi donc le *Proteus anguinus*, vrai batracien, forme-t-il, avec un certain

(1) Jef. Wyman, *Description of a blind Fish from a cave in Kentucky*, dans *Silliman's Journal*, 1843, vol. XLV, p. 94, et 1854, vol. XVII, p. 258. — Th. G. Tellkampf, *Ueber den blinden Fisch der Mammuthhœhle des Kentucky*, dans les *Archives de Müller*, 1844, p. 381. — Th. G. Tellkampf, *Beschreibung einiger neuss in der Mammuthhöhle aufgefundener Gattungen von Gliederthieren*, dans les *Archives de Wiegman*, 1844, vol. 1, p. 318. — L. Agassiz, *Observations on the blind Fish of the Mammoth cave*, dans *Silliman's Journal*, 1851, vol. XI, p. 127.

une des séries les plus naturelles qu'on connaisse dans le règne animal, et dans laquelle chaque membre constitue un degré distinct de l'échelle?

Nous voilà débarrassés de la fausse idée qu'il puisse exister un rapport génésique quelconque entre les forces brutes et les êtres organisés. Il nous reste maintenant à parcourir un vaste champ pour déterminer entre les premières et les seconds, dans toute leur étendue et dans leurs limites vraies, les relations véritables. Une simple allusion au mode de respiration propre aux divers types d'animaux et aux organes locomoteurs, qui sont plus particulièrement affectés par les circonstances de ce mode, suffira pour rappeler aux naturalistes l'importance extrême qu'a pour la classification la structure de ces parties, et ils conviendront que tout cela serait beaucoup plus facile à saisir si les différences de structure que présentent les organes étaient étudiées au point de vue strict de leur corrélation directe avec le monde au sein duquel les animaux se meuvent et respirent. N'aurions-nous pas dû cesser depuis longtemps d'appeler du même nom d'ailes et de pattes des appendices locomoteurs aussi différents que ceux des oiseaux et des insectes? Continuerons-nous à appeler poumons les cavités respiratoires des limaces, tout comme les voies aériennes des mammifères, des oiseaux et des reptiles? Une grande réforme est indispensable dans cette partie de notre science, et aucune étude ne peut mieux nous y préparer que la recherche des dépendances mutuelles de la structure des animaux et des conditions dans lesquelles ils vivent.

III. — On retrouve des types identiques dans les circonstances les plus différentes.

Autant la diversité des animaux et des plantes qui vivent dans des circonstances physiques identiques démontre l'indépendance où sont, quant à leur origine, les êtres organisés du milieu dans lequel ils résident, autant cette indépendance devient de nouveau évidente quand on considère que des types identiques se rencontrent partout sur la terre dans les conditions les plus variées. Qu'on réunisse toutes ces influences diverses, toutes les conditions d'existence sous l'appellation commune d'influences cosmiques, de causes physiques ou de climats, dans la plus large acception du mot, on découvrira toujours à cet égard des différences extrêmes à la surface du globe, et cependant on voit vivre ensemble normalement, sous leur action, les types les plus semblables ou même des types identiques (je prends ici cette expression de *types* dans toutes ses acceptions les plus variées). Il n'y a aucune différence de structure entre les Harengs de la zone arctique et ceux de la zone tempérée, ceux des tropiques et ceux des régions antarctiques. Il n'y en a pas davantage entre les Renards et les Loups des parties du globe les moins voisines (1). Et d'ailleurs, quand il y en aurait une, quand on exagérerait l'importance des différences spécifiques qu'il y a entre ces animaux, pourrait-on montrer entre ces différences et les influences cosmiques un rapport quelconque qui rendît compte en même temps de l'indépendance de leur conformation

(1) Je pourrais citer une infinité d'autres exemples que tous les naturalistes de profession auront présents à l'esprit; mais ceux que je viens de mentionner suffisent à mon argumentation.

causes produisent des différences dans l'espèce, et en même temps déterminent l'identité dans le genre, l'identité dans la famille, l'identité dans l'ordre, dans la classe, dans l'embranchement? Identité dans tout ce que la structure animale a de réellement important, de dominant, de compliqué, voilà d'une part ce qui résulterait de l'action des causes les plus diverses; diversité dans les choses d'un ordre très-secondaire, voilà d'autre part ce qu'auraient déterminé ces mêmes causes physiques extrêmement diverses auxquelles les animaux devraient l'existence. Quelle logique!

Tout cela n'atteste-t-il pas au contraire que les êtres organisés manifestent la plus surprenante indépendance des forces physiques au milieu desquelles ils vivent, une indépendance si entière, qu'il est impossible de l'attribuer à une autre cause qu'à une Puissance suprême, gouvernant à la fois les forces physiques et l'existence des animaux et des plantes, maintenant entre les unes et les autres un rapport harmonique par une adaptation réciproque dans laquelle on ne saurait voir ni une cause ni un effet.

Quand les naturalistes ont voulu déterminer quelle influence les causes physiques ont sur les êtres vivants, ils ont constamment méconnu ce fait, que les modifications provenant de cette influence ne sont que d'une importance secondaire pour la vie des animaux, et que ni le plan général de structure, ni les complications diverses de celle-ci, n'en sont affectés. Quelles sont les parties du corps qui soient véritablement affectées à un degré quelconque par les influences extérieures? Ce sont principalement celles qui sont en contact immédiat avec le monde extérieur, comme la peau, et dans la peau les couches superficielles, la coloration, l'épaisseur de la fourrure, le pelage, les plumes, les écailles; ou encore la taille et le volume du corps, en tant qu'ils dépendent de la quantité et de la qualité de l'aliment; l'épaisseur du test des Mollusques, suivant qu'ils vivent dans des eaux ou sur un terrain plus ou moins riche en calcaires, etc. La rapidité ou la lenteur de la croissance sont aussi influencées dans une certaine mesure par les variations des saisons en différentes années; de même la fécondité, la durée de la vie, etc. Mais tout cela n'a rien à voir avec les caractères essentiels des animaux.

Il y aurait à écrire un volume sur l'indépendance où sont les êtres organisés des agents physiques. Presque tout ce qu'on attribue généralement à l'influence de ces derniers doit être regardé comme une simple corrélation entre eux et les animaux résultant du plan général de la création.

IV. — Unité de plan dans des types d'ailleurs profondément divers.

Rien dans le règne organique n'est de nature à nous impressionner autant que l'unité de plan qui apparaît dans la structure des types les plus différents. D'un pôle à l'autre pôle, sous tous les méridiens, les Mammifères, les Oiseaux, les Reptiles, les Poissons, révèlent un seul et même plan de structure. Ce plan dénote des conceptions abstraites de l'ordre le plus élevé; il dépasse de bien loin les plus vastes généralisations de l'esprit humain, et il a fallu les recherches les plus laborieuses pour que l'homme parvînt seulement à s'en faire une idée. D'autres plans non moins merveilleux se

découvrent dans les Articulés, les Mollusques, les Rayonnés, et dans les divers types des plantes. Et cependant ce rapport logique, cette admirable harmonie, cette infinie variété dans l'unité, voilà ce qu'on nous représente comme le résultat de forces auxquelles n'appartiennent ni la moindre parcelle d'intelligence, ni la faculté de penser, ni le pouvoir de combiner, ni la notion du temps et de l'espace! Si quelque chose peut placer, dans la nature, l'homme au-dessus des autres êtres, c'est précisément le fait qu'il possède ces nobles attributs. Sans ces dons, portés à un très-haut degré d'excellence et de perfection, aucun des traits généraux de parenté qui unissent les grands types du règne animal et du règne végétal ne pourrait être ni perçu ni compris. Comment donc ces rapports auraient-ils pu être imaginés, si ce n'est à l'aide de facultés analogues? Si toutes ces relations dépassent la portée de la puissance intellectuelle de l'homme, si l'homme lui-même n'est qu'une partie, un fragment du système total, comment ce système aurait-il été appelé à l'être, s'il n'y a pas une Intelligence suprême, auteur de toutes choses?

V. — Concordance dans les détails de la structure chez des animaux entre lesquels il n'existe d'ailleurs aucun lien.

Dans les dix premières années de ce siècle, les naturalistes commencèrent à étudier, chez les animaux, certains rapports qui avaient presque entièrement échappé à l'attention de leurs prédécesseurs. Quoique Aristote eût déjà reconnu que les écailles des Poissons correspondent aux plumes des Oiseaux, c'est seulement de nos jours que les anatomistes ont découvert la complète analogie qu'il y a entre toutes les parties de tous les animaux appartenant à un même type, quelques différentes que ces parties puissent paraître à première vue. Non-seulement l'aile de l'Oiseau est, quant à la structure, identique avec le bras de l'homme ou le membre antérieur d'un quadrupède, et correspond rigoureusement à la nageoire de la Baleine et à la nageoire pectorale d'un Poisson, mais encore tous ces organes correspondent de la même manière aux extrémités postérieures. Une conformité organique non moins remarquable s'observe entre la boîte solide du crâne, les os immobiles de la face et la mâchoire inférieure de l'homme et des autres mammifères, et la structure de la charpente osseuse de la tête chez les Oiseaux, les Lézards, les Grenouilles et les Poissons. Mais cette correspondance n'est pas limitée au squelette. Chacun des autres systèmes d'organes montre, chez ces animaux, la même corrélation, la même identité, eu égard au plan de structure; quelles que soient d'ailleurs les différences dans la forme et le nombre des parties et même dans leurs fonctions. Cette concordance dans la structure des animaux est ce qu'on appelle *homologie;* elle est plus ou moins grande, suivant que les animaux dans lesquels on la cherche sont plus ou moins voisins les uns des autres.

La même concordance existe entre les différents systèmes et leurs parties chez les Articulés, chez les Mollusques et chez les Rayonnés, à cela près que leur structure est respectivement fondée sur des plans différents; mais, dans ces trois nouveaux types, les homologies n'ont point encore été étudiées aussi minutieusement que chez les Vertébrés. Il y a par conséquent, dans ces embranchements si curieux du règne animal, un vaste champ ouvert aux recherches. Même ainsi, de ce qui a été fait dans cette partie de la science, il ressort bien évidemment que l'identité de structure ne s'éten[d] pas à l'ensemble des quatre embranchements du règne, e[t] que, au contraire, chacun de ces grands types est constru[it] sur un plan distinct, tellement spécial, que les homologies n[e] s'étendent pas d'un type à un autre et sont strictement res-treintes dans le cercle de chacun d'eux. Les plus lointaine[s] ressemblances qu'on puisse établir entre les représentants de types différents sont fondées sur l'analogie et non sur l'affinité. Tandis, par exemple, que la tête des Poissons présent[e] l'homologie la plus frappante avec celle des Reptiles, cell[e] des Oiseaux et celle des Mammifères, aussi bien dans l'ensemble que dans les parties, la tête des Articulés ne leur es[t] qu'analogue, soit dans le tout, soit dans les détails. Ce que l'on appelle communément la tête chez les Insectes n'est pas une cavité distincte, destinée à loger l'encéphale et séparé[e] de celles qui, au-dessous du cou, constituent le thorax et l'abdomen. Son enveloppe solide n'est pas formée par les parties d'un squelette intérieur recouvert par les chairs; mais elle est composée d'anneaux extérieurs semblables à ceux dont es[t] fait le tronc et soudés ensemble. Elle ne renferme qu'une seule cavité qui contient à la fois le ganglion céphalique, les organes buccaux et les muscles de la tête. On en peut dire autant de la poitrine, des pattes, des ailes, de l'abdomen et de[s] parties qui y sont contenues. Le ganglion céphalique n'est pa[s] l'homologue du cerveau, les organes des sens ne sont pas non plus les homologues de ceux des Vertébrés, encore bien qu'ils remplissent les mêmes fonctions. Le canal alimentaire ne se forme pas de la même manière dans les embryons des deux types, non plus que les organes respiratoires. En un mot, identifier ces appareils serait forcer la nature tout autant que si l'on s'obstinait à regarder les branchies comme homologues aux poumons depuis que l'embryologie nous a appris qu'à différentes phases du développement des Vertébrés, ces deux sortes d'organes respiratoires existent simultanément chez ces êtres, mais avec des connexions organiques tout à fait différentes.

Ce qui est vrai de l'embranchement des Articulés comparé à celui des Vertébrés est également vrai des Mollusques et des Rayonnés comparés entre eux ou à l'un des deux types précédents; on peut aisément s'en convaincre par un examen attentif des analogies que présente leur structure dans ces limites. Cette différence dans les caractères fondamentaux de la structure pour les quatre embranchements du règne animal fait voir la nécessité d'une réforme radicale dans la nomenclature de l'anatomie comparée. Quelques naturalistes ont néanmoins déjà poussé le parallèle entre la structure des animaux bien au delà des limites assignées par la nature, et s'efforcent de démontrer que toutes les conformations sont susceptibles d'être ramenées à une norme unique. Ils soutiennent, par exemple, qu'il n'y a pas un os chez un Vertébré quelconque qui n'ait son équivalent dans une autre espèce de ce type. Supposer une aussi grande uniformité chez les animaux, c'est en définitive refuser au Créateur, dans l'expression de sa pensée, une liberté dont jouit l'homme lui-même.

S'il est vrai que, comme on vient de le dire, tous les animaux sont construits sur quatre plans divers de structure, de telle sorte que toutes les différentes sortes d'animaux sont simplement autant d'expressions variées de ces formules fondamentales, on peut comparer le règne animal tout entier à un livre consacré au développement de quatre idées mères. Entre ces quatre grandes idées, il n'y a d'autre lien ou d'au-

ce rapport que l'unité résultant de ce que toutes quatre commencent par s'incorporer, sous une forme embryonnaire, dans un œuf, à l'intérieur duquel se produisent les manifestations les plus diverses, jusqu'à ce que, au bout d'une série de transformations, apparaisse enfin, chacun d'eux avec son indépendance, la merveilleuse variété des êtres vivants qui peuplent notre globe ou qui l'ont habité à partir du premier jour où la vie exista à sa surface.

Toutefois le trait le plus surprenant du règne animal me paraît consister, non dans la diversité, non dans la complication, au degré le plus varié de la structure, non dans la très-grande affinité qui s'observe entre quelques-uns de ses représentants, tandis que d'autres sont au contraire tout à fait différents, non encore dans les relations multiples que tous les animaux entretiennent, soit entre eux, soit avec le monde ambiant, mais bien dans cette circonstance que des êtres doués d'attributs si diversifiés n'en constituent pas moins un ensemble harmonique dont toutes les parties ont entre elles un lien intelligible.

VI. — Il y a entre les animaux des affinités de degrés différents et de sortes diverses.

Les degrés d'alliance existant entre animaux différents sont très-divers. Il n'y a pas alliance seulement entre les représentants d'une même espèce offrant, comme tels, la plus entière ressemblance les uns avec les autres; des espèces différentes sont alliées comme appartenant au même genre; les représentants de genres différents peuvent faire partie de la même famille; des familles diverses peuvent ne constituer qu'un ordre unique; plusieurs ordres se rangeront dans une classe commune, et plusieurs classes formeront, en se réunissant, un seul embranchement. L'existence de plusieurs *degrés divers* d'affinités entre des animaux ou des plantes, de *l'un à l'autre* desquels il n'y a pas le plus faible enchaînement *généalogique*, qui vivent dans les parties du monde les plus éloignées, qui ont vécu à des périodes géologiques depuis longtemps écoulées, est, au moins dans de certaines limites, un fait hors de conteste et sur lequel les bons observateurs sont désormais d'accord. A quoi attribuer cette affinité? Les forces physiques en activité sur le globe possédaient-elles donc une telle ténacité de mémoire, qu'un type ayant été une fois réalisé au premier âge de la terre, suivant un certain modèle, ce modèle devint dès lors inhérent à ces forces, et quelques variations qu'éprouvassent celles-ci, dût nécessairement servir à une autre période pour la reproduction d'un type semblable; et ainsi de suite à toutes les époques, jusqu'à la période où l'état de choses actuel s'est établi (1)? Ainsi, ce nombre infini de nouveaux animaux et de nouvelles plantes qui couvrent aujourd'hui la surface du globe auraient été coulés dans quatre moules, de manière à présenter toujours, malgré la complexité de leurs rapports avec le monde ambiant, toutes ces relations générales si profondément établies, d'où résultent les différents dégrés d'affinités qu'il est facile de constater entre tous les représentants d'un même type? A quoi cela ressemble-t-il davantage? Au travail de forces aveugles, ou à la création d'un Esprit instituant, après réflexion et de propos délibéré, toutes les catégories d'existences qui se reconnaissent dans la nature, les combinant en cette admirable harmonie qui fait du tout un système tellement parfait, qu'en démêler seulement l'ordonnance, même avec toutes les maladresses d'une interprétation, nous semble encore l'effort le plus achevé du génie en pleine maturité.

A mes yeux, rien ne démontre plus directement et plus absolument l'action d'un esprit réfléchi que toutes ces catégories sur lesquelles les espèces, les genres, les familles, les ordres, les classes, les embranchements sont fondés dans la nature; rien n'indique plus évidemment une considération délibérée du sujet que la manifestation réelle et matérielle de toutes ces choses par une succession d'individus dont la vie est limitée, dans le temps, à une durée relativement très-courte. La grande merveille de toutes ces relations consiste dans le caractère fugitif de toutes les parties de cette harmonie compliquée. Tandis que l'espèce persiste pendant de longues périodes, les individus qui la représentent changent constamment, et meurent l'un après l'autre dans une rapide succession. Les genres, il est vrai, peuvent se prolonger à travers des périodes plus longues, et les familles, les ordres, les classes, peuvent avoir existé à toutes les époques où il y a eu des animaux. Mais, quelle qu'ait été pour chacun de ces groupes la durée de l'existence, toujours les mêmes rapports ont eu lieu entre eux, et entre chacun d'eux et l'embranchement dont il fait partie; toujours ils ont été représentés sur notre globe de la même manière, c'est-à-dire par une succession d'individus passant rapidement et constamment renouvelés.

Comme le second chapitre de ce livre est entièrement consacré à la considération des différentes sortes et des degrés divers d'affinités qui existent entre les animaux, il serait superflu d'entrer ici dans de plus longs détails à cet égard. Il suffit de rappeler qu'avec le temps, les observateurs se sont de plus en plus mis d'accord sur l'importance à attacher à ces rapports et en ont fait la base de systèmes de plus en plus conformes les uns aux autres. Ce résultat, que l'histoire de la zoologie met en complète évidence, démontre, à lui seul, que la nature elle-même a son système propre, à l'égard duquel les systèmes des auteurs ne sont que des approximations successives, d'autant plus grandes, que l'intelligence humaine comprend mieux la nature. Cette coïncidence croissante entre nos systèmes et celui de la nature prouve d'ailleurs que les opérations de l'esprit de l'homme et celles de l'esprit de Dieu sont identiques; on s'en convaincra davantage si

(1) Au fond, je ne l'ignore pas, dans l'idée de ceux qui font découler l'infinie variété des animaux d'une époque postérieure de changements survenus chez les êtres d'une époque antérieure, il y a une supposition qui pourrait rendre compte de ces affinités, si cette supposition était autre chose qu'une hypothèse pure. Ces ressemblances seraient, dans cette théorie, le résultat de l'hérédité, et tous les degrés d'affinités seraient celui d'une hérédité incomplète accompagnée d'une modification. Mais aussi longtemps que les animaux descendant les uns des autres reproduiront intégralement les caractères essentiels de leurs parents; aussi longtemps que le fait de la reproduction ne sera pas accompagné de la perte de certains caractères; aussi longtemps que le fait géologique, bien connu de tous les paléontologistes, subsistera, à savoir que, pour de longues périodes, les êtres organisés d'une époque quelconque conservent tous leurs caractères et sont tout à coup suivis d'autres espèces ayant d'autres caractères; — aussi longtemps que ces faits seront la base de nos connaissances en zoologie, il sera interdit d'admettre comme base des affinités une certaine hérédité transmutatrice.

l'on songe à quel point extraordinaire certaines conceptions à priori de la nature se sont, en définitive, trouvées conformes à la réalité des choses, quoi qu'en aient pu dire d'abord les observateurs empiriques.

AGASSIZ.

SOCIÉTÉ DES AMIS DES SCIENCES (1).

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE TENUE A LA SORBONNE.

Présidence de M. le maréchal Vaillant (de l'Institut).

M. F. BOUDET.

La Société des amis des sciences en 1867-1868.

Il y a un an, à pareille époque, un des événements les plus considérables dans l'histoire de l'humanité s'accomplissait à Paris : l'Exposition universelle de 1867 était solennellement ouverte.

Élevé par le concours de toutes les nations du monde, cet incomparable théâtre de l'industrie humaine offrait dans sa vaste enceinte le résumé de toutes les conquêtes de l'intelligence de l'homme, de tous les progrès accomplis par son génie, depuis les temps les plus reculés.

C'était le spectacle imposant de la matière domptée par sa puissance, des armes forgées par ses mains pour l'asservir à son usage, de tout ce que les siècles ont accumulé pour constituer aujourd'hui le magnifique patrimoine du genre humain.

Où trouver une plus éclatante apologie des bienfaits de la science, un plaidoyer plus éloquent en faveur de ces hommes qui, par leurs travaux, ont fait succéder le bien-être et les jouissances de la civilisation aux misères de l'état sauvage et de la barbarie.

Et cependant qu'a-t-elle produit pour la cause des savants, cette Exposition qui, pendant six mois, a excité de si grands étonnements, de si unanimes admirations ? quel élan de reconnaissance a-t-elle suscité ? Au milieu de la foule éblouie qui se pressait sur ce théâtre des triomphes de la science, combien, parmi les témoins de tant de merveilles, se sont sentis émus en songeant aux prodiges de travail, de persévérance et de courage qu'elles ont coûtés à leurs auteurs ?

Dans les temps antiques, alors qu'il s'agissait, non pas d'élever le niveau du bien-être des populations, mais de les protéger contre ces ennemis innombrables, ces monstres féroces, ces famines meurtrières, qui menaçaient sans cesse nos premiers pères nus et désarmés, leur reconnaissance divinisait les hommes héroïques qui les protégeaient de leurs bras puissants ou leur enseignaient à déchirer le sein de la terre pour la rendre féconde.

Quelle indifférence aujourd'hui pour ces nobles travailleurs dont le génie améliore et élève la condition de l'homme sur la terre ! Leurs noms sont à peine connus, et souvent ils meurent sans récompense, laissant leurs familles dans la détresse au milieu de la foule insouciante qui jouit des fruits de leurs veilles.

Le navigateur, guidé par le phare qui illumine les récifs de la côte, sait-il que c'est le génie de Fresnel qui le garant du naufrage ? Combien de Français éclairés par la lumiè du gaz, emportés en quelques heures d'un bout à l'autre l'empire, ou transmettant leurs pensées par le télégrapl électrique avec la rapidité de l'éclair, ignorent aujourd'h les noms de Lebon, de Papin, de Volta, d'Ampère, d'Œrste de Faraday.

A qui donc, cependant, le mérite et l'honneur du progr de cette marche en avant qui est la destinée, la mission pr videntielle du genre humain, si ce n'est à ces explorateu infatigables qui le guident dans les régions inconnues d l'univers, à ces pionniers intrépides qui portent la lumièr devant lui dans les voies mystérieuses de la nature et enri chissent sans cesse son domaine ?

Que reste-t-il du passage sur cette terre de la plupart de hommes qui ont accompli, dans la vie ordinaire, une carriè plus ou moins longue ? le sillage de leur navire se ferme der rière eux, et ils ne laissent aucune trace sur l'océan des âge tandis que l'auteur d'une découverte scientifique, tandis qu celui qui a dégagé de sa gangue un corps inconnu, révél une loi de la nature, mis en lumière un fait ou un phénomèn jusque-là ignoré, a creusé sur notre globe un sillon aus durable que notre espèce.

Ah ! si dans cette société moderne, si avide de richesse et d bien-être, les récompenses pouvaient être proportionnées au véritables services, à quelle haute fortune les savants seraien appelés par la plus juste des reconnaissances !

Mais que nous sommes loin de cette répartition équitable et combien est légère la part qui est faite aux plus utiles ser viteurs du progrès !

Tandis que, de tous côtés, éclatent les merveilles de la science, la situation des savants est encore précaire dans cette France dont la couronne scientifique est si brillante Des hommes éminents que l'étranger nous envie, sont ré duits à une vie de privations et d'inquiétudes pour l'aveni de leurs familles, et, si l'on parcourt la liste des pension naires de notre Société de secours, on y trouve les noms d savants illustres dont les veuves et les enfants seraient dan la détresse, si elle ne les avait pas adoptés comme les pupille de la science et couverts de son patronage.

C'est le sentiment de cette iniquité, c'est la mort de Lau rent et de Gerhardt, ces grands travailleurs déshérités, qui fait jaillir du cœur de Thenard cette œuvre qui sera l'étern honneur de son nom. C'est le même sentiment qui excite au jourd'hui la sollicitude des amis des sciences pour les car rières scientifiques, et qui a provoqué l'éloquent plaidoye de M. Fremy en leur faveur.

De quoi s'agit-il pour favoriser dans notre patrie l'essor d la science, pour en organiser les victoires, pour assurer de conquêtes durables à cette armée pacifique de volontaire impatients d'entrer dans la lice, où la grandeur des nation se mesure aux triomphes de l'intelligence sur la matière, a profit de l'humanité ?

Les découvertes qui sont le but et le mobile du progrès n se commandent pas, elles naissent spontanément au souffle d l'inspiration, de la pensée des hommes animés de l'amou sacré de la science.

Ces hommes où se trouvent-ils, si ce n'est au milieu d cette nombreuse jeunesse qui peuple les Facultés, les École polytechnique et centrale, les Écoles de médecine et de phar macie et les laboratoires de l'industrie elle-même.

(1) Voyez dans notre tome IV, 22 juin et 10 août 1867, pages 479 et 583, la séance de l'année dernière.

aide, encouragements et garanties pour l'avenir; il faut des bourses pour les élèves qui annoncent de grandes aptitudes scientifiques, des laboratoires où se développent ces aptitudes, où se manifestent les supériorités véritables destinées à recruter, d'une part le personnel de l'enseignement et des grandes applications de la science, d'autre part cette phalange d'investigateurs tout entiers aux idées spéculatives, à qui il ne manque, pour s'élever aux conceptions les plus hautes, que la liberté de se livrer à leurs études sans être arrêtés par le souci des intérêts matériels.

Pour les premiers, les fonctions si nombreuses que les écoles, l'administration, l'industrie peuvent leur offrir, seront le but et la fin principale de leur carrière; pour les autres, que leurs œuvres soient mises en grand honneur, que leurs découvertes soient récompensées par des prix proportionnés à leur importance.

A tous, que des garanties soient assurées pour leur avenir et *celui* de leurs familles.

La fortune couronne le labeur du commerçant, de l'industriel, de l'artiste, du médecin, de l'avocat, qui reçoit le prix de ses œuvres; quelle est la récompense du savant dont les découvertes profitent aux générations présentes et futures? Souvent il se ruine pour la science, et, comme Bernard Palissy, il brûle ses meubles pour alimenter ses fourneaux.

Il y a là, évidemment, une déplorable lacune dans nos institutions scientifiques, et nous devons nous associer aux tentatives qui ont pour but de la combler. Quels titres n'avons-nous pas pour intervenir dans cette revendication des droits des soldats déshérités de la science? N'est-ce pas nous qui, depuis onze ans, avons été leur providence, qui, courant au plus pressé, les avons secourus dans leur détresse, et qui avons supprimé le scandale de leur injuste abandon et de leurs misères.

Les réclamations qui s'élèvent aujourd'hui en leur faveur ne sont-elles pas la consécration de notre œuvre, un appel nouveau à notre dévouement? A nous, messieurs, de répondre à ce cri de la conscience publique par nos persévérants efforts, à nous d'élargir et de consolider notre association, et de constituer sur des bases inébranlables la famille nationale des amis des sciences et le patrimoine des savants. Ainsi, dans notre pays, un port de refuge sera toujours librement ouvert aux hardis explorateurs qui n'auront pas été assez heureux pour aborder la terre promise, et ils pourront y trouver honneur et protection.

Le succès nous est fidèle, messieurs et chers collègues. Dix années de progrès continus sont un gage pour l'avenir; le bien qu'il nous a été donné d'accomplir, fait ressortir chaque jour davantage la grandeur de notre institution; aussi non-seulement les vides se remplissent dans nos rangs, mais de nouvelles recrues viennent les grossir. En 1867, le chiffre de nos recettes s'est élevé à 49 224 francs, et, après avoir distribué 30 375 francs en secours, nous avons pu placer en rentes sur l'État 13 351 francs 50 centimes.

L'exercice de 1868, dont le premier trimestre est à peine expiré, s'ouvre sous les plus favorables auspices. La perception des cotisations a été facile et rapide; des dons importants nous ont permis de faire déjà un placement de 18 000 francs, et de porter ainsi notre capital en valeurs de portefeuille à 360 000 francs, indépendamment de notre réserve de caisse.

et à un généreux étranger, M. Marthèze, de la Haye, qui nous ont donné de précieux témoignages de leur sympathie.

La grande industrie du sucre vient de nous offrir encore une preuve de sa gratitude envers la science, qui a tant fait pour elle. Vingt-cinq fabricants de sucre, en s'inscrivant sur notre liste de souscripteurs perpétuels, nous ont fourni une recette de 5000 francs. Le nombre des sucreries est très-considérable; M. Dubrunfaut, par ses ingénieuses applications de l'osmose à l'extraction du sucre cristallisable des mélasses, assure en ce moment à cette industrie de nouveaux éléments de fortune. Qu'elle se montre reconnaissante; que chacun des fabricants qui profiteront de ces applications imite l'exemple qui vient de lui être donné, notre Société pourra bientôt remplir plus complétement sa mission, et elle sera surtout redevable de cette puissante ressource à M. Dubrunfaut, qui, vous le savez, est le plus généreux et le plus dévoué des amis des sciences.

Jusqu'à présent le nom de la Société n'avait figuré sur aucun testament : l'honneur d'avoir fait le premier la part des savants déshérités dans une succession appartient à l'un des plus éminents élèves de l'ancienne École des mineurs de Saint-Étienne, à Benoît Fourneyron, ancien représentant du peuple à l'Assemblée constituante, inventeur de cette puissante turbine qui porte son nom, et qui a depuis quarante ans rendu de si grands services à l'industrie manufacturière. Fourneyron nous a légué une somme de 10 000 francs, qui fait aujourd'hui partie, depuis un mois, de notre capital placé.

En même temps que s'accroît ainsi la fortune de la Société, ses bienfaits se multiplient.

Depuis notre dernière séance, quatre nouveaux noms ont été portés sur la liste de nos pensionnaires.

Un chimiste, jeune encore, dont les premiers travaux annonçaient une heureuse aptitude, et dont le nom se rattache à l'une des plus précieuses conquêtes de la thérapeutique, a succombé à une longue et douloureuse maladie qui avait épuisé ses ressources : le conseil a voté un secours de 1000 francs pour sa veuve et pour l'éducation de son fils.

Sur la proposition de la commission des secours, et après avoir entendu à l'appui les rapports de MM. Chasles et Bussy, le conseil a décidé qu'il serait accordé des secours annuels de 500 francs à M. Faure, de 600 francs à Mme veuve Voizot, de 600 francs à Mme veuve Piton-Bressant.

M. Faure, ancien professeur de mathématiques au collége d'Embrun, est auteur d'un *Traité élémentaire de statique*, de plusieurs autres ouvrages estimables, et de plusieurs mémoires, dont le dernier a été présenté récemment à l'Académie des sciences. Son titre principal est un travail sur la théorie de l'interprétation des quantités imaginaires, qui a été publié en 1845. Ce travail, dont M. Cauchy a fait ressortir l'importance, a été honorablement cité par cet illustre analyste comme un de ceux qui ont préparé l'avénement de la véritable théorie des imaginaires. M. Faure, arrivé à l'âge de soixante-treize ans, n'a aujourd'hui d'autres ressources qu'une pension de retraite de 1066 francs.

M. Voizot, ancien principal et professeur au collége de Châtillon-sur-Seine, a rendu de véritables services aux sciences mathématiques; l'importance des mémoires qu'il a présentés à l'Académie, la situation précaire de Mme Voizot et de ses enfants leur donnaient droit à un secours.

M. Piton-Bressant était un des officiers les plus distingués de l'artillerie de la marine; il est mort, sous les drapeaux, en Cochinchine, laissant une veuve avec six enfants, sans autre fortune qu'une pension de 530 francs.

Ancien élève de l'École polytechnique, il comptait vingt-sept ans de service, dont huit dans les colonies. Ses travaux sur la balistique, renvoyés par l'Académie des sciences à l'examen de MM. les généraux Morin et Piobert, qui les ont jugés dignes d'approbation, ont déterminé la décision du conseil en faveur de sa famille.

Vous le voyez, messieurs, si, dans le cours de notre dernier exercice, il ne s'est produit aucun de ces événements qui, comme la mort de Gerhardt, de Laurent, de Gratiolet, émeuvent au plus haut degré le monde savant et réclament de la Société des sacrifices exceptionnels, votre conseil a dû secourir dans leur honorable détresse un laborieux vétéran de la science et trois familles bien dignes de notre vive sympathie.

Ainsi, chaque année, notre institution se signale par de nouveaux bienfaits, qui montrent combien elle était nécessaire, combien les carrières scientifiques sont stériles pour ceux mêmes qui les embrassent avec ardeur, et surtout combien leurs pensions de retraite, combien les pensions accordées à leurs veuves sont au-dessous de leurs services et de la dignité de la science.

Absorbées à mesure qu'elles se produisent, nos ressources disponibles pour les secours suffisent à peine à l'accomplissement de notre obligation d'assistance; que serait-ce si nous voulions étendre au delà de ces limites notre légitime intervention en faveur du progrès scientifique?

Si nous grandissons encore, ce n'est pas en proportion de la haute mission que nous avons à remplir. Loin de ralentir notre zèle, travaillons donc avec une nouvelle ardeur à l'accroissement de ce patrimoine des savants qui est leur sauvegarde la plus sûre. Votre conseil d'administration, rajeuni et fortifié par les hommes dévoués dont les noms vont sortir de nos urnes, ne faillira pas à sa tâche : associez-vous à ses efforts, et que chacun de vous fasse une active propagande. Car est-il un plus désolant spectacle que celui du génie arrêté dans son essor et luttant contre la misère, que celui de grands services laissés sans récompense, et de familles illustrées par le mérite de leurs chefs réduites à la plus injuste pauvreté?

FÉLIX BOUDET,
Membre de l'Académie de médecine,
Secrétaire du conseil d'administration de la Société.

M. CAHOURS.

Éloge historique de Pelouze.

L'Académie des sciences a fait des pertes bien cruelles dans le cours de l'année qui vient de s'écouler, et celle qui commence a déjà vu s'ouvrir bien des tombes. C'est ainsi que la mort a frappé successivement et presque coup sur coup Jobert (de Lamballe), Pelouze, Civiale, Velpeau, Rayer, Faraday, Poncelet, Serres, Foucault et Brewster.

Qui de nous aurait pu croire, il y a quinze mois à peine, que Pelouze nous serait si promptement ravi. Hélas! c'est au moment où, plus libre de son temps, il s'occupait avec une ardeur juvénile des applications de la science, vers lesquelles il se sentait plus particulièrement attiré, que la mort est venue le prendre.

Une affection grave dont on ne soupçonnait pas l'existence et que la douleur de la perte d'une compagne aimée vin[t] aggraver subitement, l'emportait dans la tombe trois moi[s] après elle, sans que les ressources de l'art et les soins d'un[e] famille qui le chérissait tendrement aient pu conjurer u[n] événement que vers la fin d'avril on ne pressentait déjà qu[e] trop.

Le 31 mai, Pelouze s'éteignit à Bellevue, dans la maiso[n] qu'il avait louée pour le rétablissement de la santé de s[a] femme, le jour même où il s'y était fait transporter.

Le 3 juin, un nombre considérable de parents, d'amis, d'anciens élèves, les divers employés de la Monnaie, des députations de l'Institut et du conseil municipal, l'accompagnaient à sa dernière demeure dans le plus profond recueillement et dans une attitude pleine de tristesse, juste tribut rendu plu[s] à la mémoire de l'homme de bien qu'à celle du savant éminent et de l'habile administrateur.

Aussi le passant comprenait-il instinctivement, en voyant s'écouler cette foule silencieuse et recueillie, que celui qu'elle conduisait au lieu du repos était moins encore un des privilégiés de la terre qu'un de ces hommes qui, par la bonté native de leur cœur, savent se conquérir de vives sympathies.

Jules-Théophile Pelouze, dont je me propose de vous retracer ici sommairement la vie et les travaux, naquit à Valognes (Manche), le 26 février 1807.

Son père, Paul-François Pelouze, dirigeait à cette époque une manufacture de porcelaines qu'il avait fondée dans cette ville.

Ce dernier, dont la vie fut très-aventureuse et qui montra plus d'activité que de prévoyance dans les différentes phases de sa carrière, était né à Sainte-Lucie (Martinique). Fait prisonnier par les Anglais durant les guerres de la révolution, il fut amené sur les pontons, d'où il parvint bientôt à s'échapper. A son arrivée en France, dénué de toutes ressources, n'ayant aucune protection, il mit à profit les connaissances variées qu'il possédait. Il vécut d'abord de traductions, puis d'une modeste place de commis aux constructions maritimes dans le port de Cherbourg.

Doué d'une âme honnête et d'un caractère énergique, mai[s] d'un esprit excessivement original, le père de Pelouze ne su[t] se fixer nulle part. C'est ainsi que nous le voyons successivement fonder une manufacture de porcelaines à Valognes, remplir les fonctions d'officier de fabrique à la manufactur[e] de glaces de Saint-Gobain, diriger la grande usine du Creuso[t] et les forges de Charenton, et que nous le retrouvons enfin dans la première compagnie anglaise qui s'établit à Paris pou[r] l'éclairage au gaz. On lui doit différents manuels technologiques très-estimés, tels que l'*Art du maître de forges*; deu[x] traités, l'un concernant l'éclairage au gaz, l'autre relatif à l[a] fabrication du coke; enfin un ouvrage sur le blanchiment pa[r] les procédés de Berthollet.

Mais sa nature inquiète, ne pouvant s'accommoder d'un[e] existence tranquille, le poussait au bout de peu de temps [à] donner sa démission des emplois qui le faisaient vivre, et rendait très-pénible et très-précaire l'existence de sa famille, qui se composait de plusieurs enfants.

Pelouze se trouva donc au début de sa carrière en présence de difficultés sérieuses et dut vivre de privations de toutes sortes.

Placé chez un professeur particulier, M. Brisset, à Chevri-

[illegible], près de Laon, il y commença des études qu'il dut bientôt abandonner.

Durant le séjour de son père à Saint-Gobain, il travailla comme élève en pharmacie chez M. Dupuis, à la Fère. Il y demeura dix-huit mois, puis il vint à Paris en 1825, et entra pareillement en qualité d'élève dans la pharmacie que dirigeait alors M. Chevallier, membre de l'Académie de médecine. Nommé bientôt après interne en pharmacie des hôpitaux de Paris, il fut attaché à la Salpêtrière, au service de Magendie; c'est de cette époque que data sa liaison avec Jobert (de Lamballe), qui remplissait les fonctions d'interne en médecine dans le même service.

Le père de Pelouze, qui dirigeait à ce moment les forges de Charenton, se trouvait en relations fréquentes avec Gay-Lussac, alors chimiste-conseil de cet immense établissement. Ce savant eut l'occasion de voir à plusieurs reprises le jeune Pelouze, auquel il reconnut de grandes aptitudes pour la chimie. Une circonstance fortuite qui les mit plus directement en rapport décida définitivement de la carrière de Pelouze. Un jour que Gay-Lussac revenait de Charenton à Paris par une pluie battante dans un coucou (véhicule alors fort en vogue), qu'il avait loué pour lui seul, Pelouze, qui de son côté se rendait à la Salpêtrière, héla le cocher, qui refusa de le prendre. Vive insistance de la part de Pelouze; refus nouveau de la part du cocher. Gay-Lussac, resté quelques instants silencieux, autorisa le jeune Pelouze à monter près de lui. Ce dernier, qui ne l'avait pas reconnu tout d'abord et se trouvait tout décontenancé d'un pareil tête-à-tête, fut au bout de peu d'instants rassuré par la bienveillance du maître. Une conversation relative à différents sujets de chimie s'engagea bientôt entre eux, et Gay-Lussac, satisfait de l'entretien, reconnaissant en Pelouze un des adeptes de la science, lui proposa d'entrer immédiatement à son laboratoire. Pelouze accepta cette proposition avec la plus vive reconnaissance, et quitta définitivement l'internat en pharmacie pour consacrer tout son *temps à l'étude* de la chimie. Il avait alors à peine de *quoi vivre*, car son père, qui venait de donner sa démission des forges de Charenton, laissait sa famille presque sans ressources.

Pelouze habitait alors avec son frère, élève aide-major en pharmacie du Val-de-Grâce, une mansarde de la rue Copeau. Je ne saurais être taxé d'exagération par aucun de ceux qui connurent intimement Pelouze, lorsque je vous dirai qu'à cette époque, il fut souvent obligé de se contenter, pour vivre, d'un morceau de pain arrosé de l'eau de la fontaine.

La vie fut rude au début pour Pelouze, mais il était à cet âge où les privations ne nous coûtent pas, et où l'on accepte avec joie le labeur le plus pénible, alors qu'on voit s'ouvrir devant soi l'avenir, qu'on sent germer en soi la pensée de conquérir de la gloire. Le jeune chimiste apportait une ardeur fiévreuse au travail du laboratoire, et il lui arriva plus d'une fois de réveiller le concierge, tant il avait à cœur de se mettre à l'ouvrage; aussi ses premiers essais, qui datent de cette époque, attirèrent-ils vivement, par leur importance, l'attention sur le jeune et intéressant travailleur. Son désir d'apprendre était tel, qu'il refusa toutes les leçons particulières qui lui furent proposées et qui auraient pu lui assurer un peu de bien-être, pour ne pas perdre une minute d'un temps qu'il brûlait de consacrer exclusivement au culte de la science.

Deux ou trois années après son entrée au laboratoire de l'École polytechnique, en 1830, Pelouze, alors âgé de vingt-trois ans, fut nommé professeur adjoint d'une chaire que venait de créer la municipalité de Lille, et dont M. Kühlmann était le titulaire. Mais cette position ne devait être que transitoire, et bientôt il revenait à Paris, rappelé par Gay-Lussac, qui le fit nommer répétiteur de son cours et le choisit plus tard pour le suppléer.

En 1833, il obtenait, à la suite d'un brillant concours, la place d'essayeur des monnaies, laissée vacante par la retraite de M. Chaudet. Thenard, rapporteur de la commission chargée d'examiner les candidats, s'exprimait de la manière suivante relativement à Pelouze au sujet de ce concours : « M. Pelouze, répétiteur de chimie à l'École polytechnique, l'a emporté de beaucoup sur ses trois concurrents. Il s'est mis véritablement hors ligne pour la manière dont il a traité les questions qui lui ont été posées; aussi est-il l'auteur de mémoires très-remarquables qui lui assignent un rang distingué en chimie, et qui lui ouvriront bien sûrement les portes de l'Académie.

» Si vous lui accordez la place dont il s'est montré publiquement si digne, il dépassera toutes vos espérances pour les services qu'il pourra rendre à la chose publique. »

Les prévisions du savant rapporteur devaient recevoir une prompte réalisation; en effet, au mois de juin de l'année 1837, l'Académie des sciences l'admettait dans son sein en remplacement de M. Deyeux.

Il suppléa successivement Thenard et M. Dumas au Collége de France et à l'École polytechnique, et les remplaça définitivement dans ces deux établissements.

Pelouze n'avait pas la parole éloquente, facile, imagée de M. Dumas; la nature de son esprit ne le conduisait pas à formuler ces grandes théories qui ouvrent des horizons nouveaux, à tirer de l'étude des faits ces grandes généralités avec lesquelles M. Dumas nous passionnait si puissamment dans ses cours. Pelouze avait un sens droit, le plan de ses leçons était correct; il s'animait peu à peu à la simple description des faits, et finissait alors par apporter dans sa diction une verve et un entrain tels, que l'élève même le moins enclin au travail ne pouvait rester froid en présence de l'entraînement du professeur.

Pelouze n'établit jamais de théories et s'en montra constamment l'ennemi déclaré. Les théories passent, me répétait-il souvent, nous n'en avons que trop d'exemples; tandis que les faits bien observés restent et servent de matériaux qui permettent à ceux qui nous succèdent d'élever un peu plus haut l'édifice de la science, sorte d'héritage que chaque génération transmet à celle qui la suit.

Pelouze fut toujours l'homme des faits : c'est ainsi qu'il nous apparaît dans ses cours; c'est ainsi que nous le retrouvons dans ses écrits.

Ayant abandonné l'enseignement et se trouvant privé de moyens de travail, Pelouze fonda rue Dauphine un laboratoire particulier, dans lequel se formèrent de nombreux élèves. Chaque jour il s'y rendait, encourageant chacun, distribuant à tous d'excellents conseils, et prêchant surtout par son exemple.

Enfin, en 1848, sur la proposition d'Arago, Pelouze fut nommé président de la commission des monnaies et médailles, en remplacement de Persil, démissionnaire, poste dans lequel il se signala par les qualités qui constituent l'administrateur.

Pendant une assez longue période de temps après cette

nomination, Pelouze consacra beaucoup moins de loisirs aux recherches du laboratoire, absorbé qu'il était par des détails d'administration. C'est pendant son séjour à la Monnaie que s'opéra la refonte des monnaies de cuivre et d'argent, qui présentait d'assez sérieuses difficultés. Il organisa pareillement dans cet établissement le service des timbres-poste. Enfin, dans les derniers temps de sa vie, il représentait, avec M. de Parieu, le gouvernement français, pour la convention monétaire arrêtée entre la France, l'Italie, la Belgique et la Suisse. Il prit une large part dans le travail de cette commission internationale, dont d'autres grandes puissances de l'Europe ont consacré les résultats par leur adhésion.

A cette position administrative et presque à la même époque, vint s'en ajouter une autre pour Pelouze, qui devait encore le distraire de ses travaux : il fut nommé membre du conseil municipal en 1849. Pendant les dix-sept années qu'il occupa ces fonctions, il consacra beaucoup de son temps à l'étude des différents problèmes relatifs à l'hygiène, à la ventilation, à l'éclairage, à l'assainissement de la ville de Paris.

M. Dumas rendit un public hommage à son collègue et ami lorsqu'à ses funérailles, il prononça sur sa tombe les paroles suivantes au nom du conseil municipal :

« S'agissait-il de purifier l'air de nos rues, de chauffer, de ventiler les écoles, les hôpitaux et les édifices publics ; de perfectionner le service de l'éclairage ; de fournir aux habitants des eaux plus abondantes et plus saines ; de préserver le fleuve de souillure ; de conserver à l'agriculture les détritus de la ville, M. Pelouze était toujours prêt à nous aider de ses avis, de ses expériences personnelles et de sa connaissance profonde des méthodes et des forces de la chimie industrielle.

» Les services que des hommes d'une valeur si haute rendent à la science et au monde jettent un grand éclat et sont connus de tous : ils attirent sur leur personne pendant leur vie, et sur leur mémoire après leur mort, la reconnaissance universelle. »

Et plus loin : « Son grand savoir, son expérience consommée, son jugement sain, son esprit libéral, sa parole sobre et convaincue, la douceur et la sûreté de son commerce, lui avaient fait au sein du conseil municipal une grande place.

» Combien, sous ce rapport, son zèle resterait inconnu, si nous ne disions en cette occasion solennelle que la ville de Paris reconnaissante ne séparera pas son nom de ceux de Lavoisier, de Bailly, d'Arago, de Fresnel, membres de l'Académie des sciences comme lui. Car, à leur exemple, il avait mis à son service avec désintéressement et abnégation, pour des études souvent pénibles, presque toujours ignorées et obscures, ces rares talents, ces efforts d'invention, ces grands labeurs, qui lui auraient mérité de nouveaux titres aux respects de la postérité, s'il les avait réservés au soin égoïste de sa propre gloire. »

Indépendamment de l'administration des Monnaies et de la commission municipale, la manufacture de Saint-Gobain venait encore absorber une partie du temps que Pelouze aurait pu consacrer à des recherches qu'il affectionnait. Aussi voyons-nous un temps d'arrêt très-marqué se manifester dans ses travaux scientifiques. Dans les dernières années de sa vie, Pelouze se remit néanmoins au travail du laboratoire avec toutes les ardeurs de sa jeunesse.

Assisté de deux de ses élèves, MM. Girard et Delaire, il accomplit dans son petit laboratoire de la Monnaie des recherches pleines d'intérêt sur le bleu d'aniline, matière d'u[n]e beauté remarquable dont on lui doit la découverte, et do[nt] plus tard Hofmann fixa la véritable constitution dans un tr[a]vail plein d'intérêt sur les matières colorantes dérivées [de] l'aniline. Il étudia d'une manière approfondie les différe[nts] produits qui prennent naissance dans la fabrication de [la] soude artificielle, dans le but d'en élucider la théorie ; enfi[n] il éclaira d'une vive lumière les phénomènes de colorati[on] spontanée que les verres communs et les glaces acquière[nt] lorsqu'ils se trouvent à une température élevée en présen[ce] de substances réductrices.

« Qui aurait pu jamais croire, dit à cet égard M. Dum[as] dans l'éloge de Pelouze, que ces mémoires pleins de jeunes[se] et de vigueur étaient les adieux qu'un mourant adressait à l[a] science, à l'Académie, à la vie ! »

Permettez-moi maintenant de passer rapidement en rev[ue] les principaux travaux de Pelouze.

En l'année 1831, c'est-à-dire dès sa nomination à la pl[ace] de répétiteur du cours de Gay-Lussac à l'École polytechniq[ue] il publia trois mémoires intéressants que nous allons énum[é]rer par ordre de date. Le premier est relatif à l'étude de [la] betterave. Il y démontre que cette racine renferme [e]n moyenne 10 pour 100 d'un sucre entièrement identique av[ec] celui qu'on extrait de la canne, résultat que des recherch[es] ultérieures ont confirmé de la manière la plus complète.

Étudiant ensuite l'action que les acides minéraux exerce[nt] sur l'acide cyanhydrique avec le concours de l'eau, Pelou[ze] démontra la transformation de cette substance, qui posséd[e] des propriétés toxiques foudroyantes, en un composé parfaite[ment] inoffensif, le formiate d'ammoniaque. En converti[ssant] plus tard ce dernier produit en acide cyanhydrique par [la] soustraction des éléments de l'eau, Pelouze parvint à réalise[r] une remarquable synthèse à laquelle on n'attribua pas d'[abord] toute l'importance qu'elle méritait.

Enfin, dans cette même année 1831, Pelouze publia de[s] recherches relatives à l'action qu'exercent les divers dissol[]vants dans un grand nombre de réactions chimiques, mé[]moire plein d'intérêt, dans lequel il établit que, tandis qu[e] l'acide acétique en dissolution aqueuse chasse l'acide carboni[que] du carbonate de potasse, cet acide carbonique décompo[se] à son tour l'acétate de potasse, et met en liberté l'acide acétique.

Depuis cette époque, Pelouze publia successivement de[s] recherches sur l'acide phosphovinique, l'asparagine et l'acid[e] aspartique, ainsi que sur l'éther cyanhydrique.

Il étudia l'acide lactique en collaboration avec M. Jule[s] Gay-Lussac. Ces savants constatèrent dans la distillation de cet acide la formation d'un produit doué d'une neutralité parfaite, cristallisant avec la plus grande facilité, ne différan[t] de l'acide lactique que par la perte de 2 équivalents d'eau et susceptible de reproduire cet acide en fixant graduellement l'eau que la chaleur lui avait fait perdre.

Il publia, de concert avec M. Dumas, alors son collègue [à] l'École polytechnique, un travail fort intéressant sur l'huile volatile de moutarde noire. Au nombre des faits curieux contenus dans ce mémoire, nous citerons la formation d'une matière basique, la *thiosinammine*, véritable urée sulfurée qui se produit par l'accouplement direct de l'huile volatile et de l'ammoniaque.

Pelouze fit ensuite connaître un procédé simple et commode pour l'extraction du tannin contenu dans la noix de galle, qu'il en isola dans un état de pureté parfaite.

Il étudia, dans une série de mémoires successifs et d'un intérêt, les modifications que les acides malique, tar- que, tannique, gallique, etc., éprouvent sous l'influence me chaleur ménagée. Il démontra qu'en ne dépassant pas empérature extrême de 250 degrés, ces acides se scindent, en acide carbonique, soit en eau, soit en un mélange de deux produits, et en acides de composition plus simple, suite plus stables, qu'en raison de leur mode même de duction, il désigna sous le nom d'*acides pyrogénés*. L'en- ble des mémoires publiés par Pelouze sur ces matières le ça très-haut dans l'opinion des chimistes, et l'on peut dire c'est ce travail, l'un de ses plus beaux titres de gloire, lui ouvrit les portes de l'Académie.

urant un séjour que Pelouze fit à Giessen, il étudia, de cert avec Liebig, certains composés de nature organique, notamment le liquide volatil qui constitue le bouquet des auquel ils reconnurent toutes les propriétés d'un éther posé. Par la saponification de cet éther, ils séparèrent un appartenant à la série grasse, auquel ils donnèrent le d'*acide œnanthique*.

retour à Paris, Pelouze publia bientôt des recherches sur rps gras en commun avec notre secrétaire, M. Boudet. stérieurement, Pelouze fit insérer dans les *Annales de chi- t de physique* une suite de mémoires sur les acides de la thionique, sur le sous-oxyde de plomb, l'acide hypo- eux et les équivalents chimiques.

ns un travail qui lui est commun avec M. Gelis, Pelouze umé des observations pleines d'intérêt sur la production cide butyrique dans un cas particulier de la fermenta- du sucre. Ces chimistes étudièrent avec un soin tout culier cet acide, ses différents sels, ses éthers; prépa- nt sur une grande échelle la butyrone, dont M. Chancel us tard une étude complète dans le laboratoire de Pe- e, et préparèrent synthétiquement le premier corps gras ficiel, la butyrine.

Pelouze a fait connaître un nouveau mode de dosage du re et des azotates, et plus particulièrement du salpêtre. lui, doit également des observations sur le pyroxyle ou -poudre, substance remarquable qui peut remplacer la re dans les armes à feu.

1863 et 1864, nous entreprîmes, Pelouze et moi, des erches sur les pétroles d'Amérique, que nous résumâmes un long mémoire inséré dans les *Annales de chimie et de que*. Nous avons établi dans ce travail que ces produits els, qui font aujourd'hui l'objet d'un commerce très- tant, renferment une série d'hydrocarbures homologues z des marais, que nous parvînmes à isoler à l'état de , et dont quelques-uns furent étudiés par nous avec oup de soin.

n je vous ai dit plus haut quels furent les derniers tra- de Pelouze, quelles étaient ses préoccupations scienti- s au moment où la mort vint le surprendre.

intenant que je vous ai parlé du savant et de l'adminis- ur, permettez-moi de vous dire, en terminant quelques de l'homme privé, du père de famille et de l'ami.

lgré le rang élevé que Pelouze tenait dans la science et ute position qu'il occupait dans l'administration, il ac- llait les plus humbles avec une aménité qui les charmait. irait à lui tout le monde, tant son allure était bienveil- te, tant il avait d'affabilité de caractère et de véritable nté de cœur.

Je ne puis mieux faire que de vous rappeler à cette occasion quelques paroles prononcées sur sa tombe par M. Fremy, qui, après avoir été son élève, était devenu son ami le plus intime : « Hélas ! oui, messieurs, c'est une grande perte que nous faisons aujourd'hui. Les hommes tels que celui que nous pleurons, qui ont su encourager les jeunes savants et rester simples et modestes dans une position élevée, sont toujours rares. Ces hommes-là laissent des vides considérables non-seulement dans les rangs de la science, mais aussi dans la pensée et le cœur de tous ceux qui les ont connus. »

Ces paroles, qui peignent si parfaitement l'homme de bien que nous regrettons tous, honorent à la fois celui qui les prononça du plus profond de son cœur et celui qui sut les inspirer.

A l'amour qu'il professait pour la science, Pelouze sut allier à un haut degré le culte de la famille et de l'amitié. Cœur plein de sollicitude et de tendresse, il avait mis sa vie tout entière dans le bonheur et l'avenir de ses enfants. Il idolâtrait ses petits-enfants, dont il était presque l'esclave, et je pourrais vous citer une foule de traits qui vous prouveraient jusqu'à quel point il portait cette passion.

Pendant vingt-cinq ans, Pelouze jouit d'un bonheur sur lequel aucun nuage n'était venu projeter d'ombre, lorsque la mort de l'aîné de ses petits-fils vint le frapper douloureusement.

Ce coup inattendu brisa son cœur, et, pendant bien longtemps, il ne put retrouver sa sérénité. Le temps avait fini néanmoins par adoucir cette amère douleur, lorsqu'il vit descendre successivement dans la tombe un gendre qu'il chérissait et deux autres de ses petits-enfants.

Son cœur avait cruellement saigné de ces nouvelles pertes ; mais la dernière fut au-dessus de ses forces : la cruelle séparation de la compagne aimée de toute sa vie le terrassa. Dès ce jour la mort l'effleura de son aile, et trois mois s'étaient à peine écoulés, qu'il allait la rejoindre, laissant un chagrin profond dans le cœur de ses enfants, qu'un double malheur venait ainsi frapper à des intervalles si rapprochés.

Lorsqu'au mois de septembre de l'année 1866, nous causions, Pelouze et moi, de projets d'avenir sur la terrasse du château de Chenonceaux, en présence de cette bonne madame Pelouze, j'étais loin de m'attendre qu'à bien peu de temps de là j'irais déposer mon tribut de douleur sur la tombe de ces deux êtres excellents, dans l'intimité desquels j'avais vécu plus de trente ans, et qui m'avaient adopté comme de leur famille.

Je ne terminerai pas cette notice, que j'ai faite aussi courte que possible pour ne pas abuser de vos moments, sans remercier votre conseil, qui, en me chargeant du soin de résumer devant vous les travaux de Pelouze et de vous rappeler les principaux traits de sa vie, m'a fourni l'occasion de rendre un public hommage à la mémoire de l'homme éminent et simple à la fois dont le nom vivra dans la pensée de tous les hommes qui s'occupent de science, et le souvenir dans le cœur de ceux qui ont vécu dans son intimité.

CAHOURS,
Examinateur à l'École polytechnique.

La séance a été terminée par une conférence de M. V. de Luynes sur *la Diffusion des corps*, que nous publierons prochainement.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Nous empruntons la nouvelle suivante au *Magasin pour la littérature étrangère*, qui se publie à Berlin :

Un érudit distingué de la Prusse orientale vient de mettre 400 thalers (1500 francs) à la disposition d'une revue philosophique de Leipzig (le *Zeitschrift für exacte Philosophie*) comme prix destiné au meilleur travail sur la question suivante : « Les faits de l'Astronomie, de la Géologie et de la Biologie sont-ils de sorte qu'ils forcent absolument à accepter le commencement dans le temps de notre système solaire, et en particulier de la terre et de ses habitants, ou peuvent-ils se concilier avec l'hypothèse de leur existence éternelle? » En traitant cette question en allemand, il faudra présenter d'une façon générale les faits astronomiques et géologiques qui se rapportent à la question, et voir s'il en sort nécessairement, ou avec une forte probabilité, une cosmogonie, ou s'ils peuvent aussi se concilier avec l'hypothèse de l'éternité et de l'ordre du monde que l'on donne comme déterminé par les causes finales. — Dans la partie zoologique de ce travail, on devra soumettre à un examen critique la question des générations spontanées et la théorie de Darwin. — Les travaux destinés au concours devront être remis avant le 1er mai 1869.

Communication électrique dans les trains de chemins de fer. — Après de longues recherches, il devient presque probable que la communication électrique pourra enfin être établie dans les wagons de chemins de fer entre les passagers et les employés. D'après un rapport de M. Col. Yolland sur des expériences qui ont été faites sur les chemins de fer anglais, ces expériences ont été partout très-satisfaisantes, et ont montré que les difficultés, ne pouvant être que mécaniques, devaient être surmontées avec un peu d'habileté. Un appareil électrique inventé par M. Martin, et expérimenté sur le chemin de fer de Londres et Nord-Ouest, n'a manqué que 3 fois sur 500, et cela parce que les fils conducteurs n'avaient pas été bien tordus, et furent cassés par les porteurs en enlevant les mailles de fer électriques. Un autre de M. Preece, employé sur la ligne de Londres Sud-Ouest, ne manqua que 7 signaux sur 714, et encore ne firent-ils défaut que pour des causes insignifiantes. De tels faits montrent combien on est près d'arriver à un bon résultat. Après un examen minutieux des conditions particulières des trains de chemins de fer, telles que le recul et l'avancement des voitures, la division du train, la moitié passant sur une autre ligne de chemin de fer et sur la même, M. Col. Yolland dit : « Quant à la possibilité d'établir et de maintenir la communication électrique dans toute la longueur d'un train de chemin de fer et dans les compartiments des diverses voitures, je crois que c'est impossible, et les expériences faites sur les lignes nommées ci-dessus permettent d'en douter. De plus, quant à la nécessité de ces moyens de communication, tout le monde s'accorde à dire qu'ils seraient utiles pour ces longues journées que l'on passe, sans s'arrêter, dans les trains express. C'est dans ceux-là qu'il faudrait d'abord les organiser, et l'on devrait autoriser à en étendre l'application petit à petit jusqu'aux trains faisant jusqu'à 10 milles sans s'arrêter. »

Le système de la corde tel qu'il est organisé maintenant sur quelques trains n'a aucune chance de réussite sur les longs trains. Quant au système de M. Harrissou, adopté sur quelques trains du chemin de fer du Nord-Est, aucune opinion n'a été émise sur son avantage. Quant au système de communication électrique, les avantages qu'il a sur ces deux-là sont : sa permanence dans les compartiments de chaque wagon, et la facilité avec laquelle on peut établir une communication parfaite toutes les fois que les wagons sont attachés. Il y a deux rapports présentés au parlement sur cette question. La seconde lecture du rapport devant la chambre des communes a été remise à un mois, pour que la chambre des lords le complète et y introduise la clause que compagnies de chemins de fer soient forcées d'assurer la comm[unication] entre les passagers et les employés.

Nous pouvons donc espérer que bientôt, après Pâques, [la] sécurité des chemins de fer, si désirée depuis si longtemps [par] le public, sera enfin établie.

Mort de M. Jarjavay. — Nous avons le regret d'apprend[re] à nos lecteurs la mort de M. Jarjavay, professeur à la Fac[ulté] de médecine de Paris, qui était malade depuis quelque tem[ps], mais pas d'une manière assez grave pour faire prévoir une [fin] aussi prochaine. Il a succombé dans sa propriété de Lajart[ie] près de Périgueux, où il était allé depuis deux mois pour soig[ner sa] santé.

BULLETIN DES COURS.

Muséum d'histoire naturelle.

Zoologie (*Animaux articulés*) (les lundis, mercredis et vendredis, [à] une heure). — M. Émile Blanchard (de l'Institut) commencera [son] cours le mercredi 6 mai 1868, à une heure, dans la galerie de zoolog[ie]. — Le professeur traitera de l'organisation, des mœurs et des insti[ncts] des Insectes, des Arachnides et des Crustacés. Il s'occupera en [parti]culier des espèces utiles et des espèces nuisibles.

Histologie : Enseignement particulier. — MM. Cornil et Ran[vier] commenceront lundi prochain 4 mai, à huit heures du soir, un co[urs] d'histologie normale et pathologique dans leur laboratoire particul[ier], 2, rue Christine. La durée du cours sera de deux mois.

Par arrêté en date du 23 avril 1868, le ministre de l'instruction pu[bli]que a décidé qu'il sera ouvert :

A la Faculté de médecine de Paris :

1° Le 3 novembre 1868, un concours pour six places d'agrégés sta[giaires] (section de médecine). Un des agrégés nouvellement nommés de[vra] entrer immédiatement en fonctions pour terminer son exercice le 1er [no]vembre 1871 ;

2° Le 1er mars 1869, un concours pour cinq places d'agrégés stagi[ai]res (section de chirurgie et d'accouchements), savoir : quatre places p[our] la chirurgie et une pour les accouchements ;

3° Le 7 juin 1869, un concours pour trois places d'agrégés stagiair[es], savoir : une place (section des sciences anatomiques et physiologiq[ues]) pour l'histoire naturelle, et deux places (section des sciences physiq[ues]) une pour la physique et une pour la chimie.

A la Faculté de médecine de Montpellier :

1° Le 23 novembre 1868, un concours pour deux places d'agré[gés] stagiaires (section de médecine) ;

2° Le 25 janvier 1869, un concours pour une place d'agrégé stagi[aire] (section de chirurgie et accouchements) ;

3° Le 15 mars 1869, un concours pour deux places d'agrégés [sta]giaires, savoir : une place (anatomie et physiologie) et une (histoire [na]turelle).

A la Faculté de médecine de Strasbourg :

1° Le 23 novembre 1868, un concours pour deux places d'agré[gés] stagiaires (section de médecine) ;

2° Le 25 janvier 1869, un concours pour deux places d'agrégés [sta]giaires (section de chirurgie et accouchements) ;

3° Le 15 mars 1869, un concours pour deux places d'agrégés [sta]giaires, savoir : une place (sciences physiques) et une (histoire na[tu]relle).

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 23 — 9 MAI 1868

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.

M. CHARLES FRIEDEL.

Composés organiques du silicium.

Les belles leçons professées devant vous, en 1863, par mon [ex]cellent maître et ami M. Wurtz ont montré d'une manière [brill]ante le parti que l'on pouvait tirer des méthodes et [des] théories de la chimie organique pour élucider les ques[tions] de la chimie minérale. La notion de l'atomicité des [élé]ments, née de celle de l'atomicité des radicaux, et appli[qu]ée d'abord uniquement aux composés organiques, s'est [éte]ndue bientôt avec plus ou moins de certitude à tous les [cor]ps simples, grâce aux remarques de MM. Cannizzaro, [Kék]ulé et Wurtz, grâce aussi à de nombreuses recherches [ex]périmentales. Si les fruits portés par cette théorie n'ont pas [été] aussi brillants en chimie minérale qu'en chimie orga[nique], ils ont permis au moins de grouper les faits d'une ma[nière] satisfaisante pour l'esprit, et ont substitué à cette sim[plicité] recherchée avec raison à l'origine de la science, et qui [consiste] dans l'expression la plus réduite du fait isolé, une [sim]plicité d'un ordre plus élevé, qui résulte du groupement [d'a]nalogies nombreuses et de l'application de lois générales.

Des chimistes éminemment distingués parmi ceux que [nous] avons l'habitude de considérer comme nos maîtres ont [repr]oché à la théorie de l'atomicité d'être fondée sur une [hy]pothèse. Le même reproche pourrait s'appliquer à toute [thé]orie chimique depuis Dalton, en ne s'occupant pas de [cel]les qui ont précédé. Berzelius n'a pas craint de se servir [de] la théorie atomique, et d'y ajouter même l'hypothèse [éle]ctro-chimique; et si l'illustre Suédois est allé parfois trop [loi]n dans la construction de ces formules hypothétiques au [pre]mier chef, que lui reprochaient avec raison Laurent et [Ge]rhardt, personne ne contestera pourtant l'influence heu[reu]se et puissante qu'ont eue sur la marche de la chimie ses [idé]es et ses travaux. Les chimistes l'ont suivi presque sans [ex]ception dans cette voie, d'une manière consciente ou irré[flé]chie, même ceux qui combattaient sa manière de voir, et [auj]ourd'hui personne ne s'en tient à la stricte représentation [du f]ait de la combinaison dans les idées d'équivalence, telle[men]t on a senti l'insuffisance de ce langage pour exprimer [l'i]mmense variété des faits actuellement connus.

Quel grand pas a d'ailleurs été fait dans la science sans [l'a]ppui d'une hypothèse? Lorsque Newton a réduit en une loi [mat]hématique les diverses lois connues des mouvements astro[no]miques, et identifié cette loi avec celle de la chute des corps, il a dû placer à la base de sa théorie l'hypothèse de l'attraction, et cette base, malgré bien des efforts, n'a pas encore pu être remplacée. Haüy n'a découvert les lois de la cristallographie que guidé par l'hypothèse de la molécule intégrante. Tout le monde sait le rôle que joue l'hypothèse de l'éther, dans cette belle théorie de la lumière, qui est peut-être l'exemple de l'effort le plus hardi et le plus heureux de l'esprit humain, pour pénétrer les mystères de la création.

Pourquoi la chimie n'aurait-elle pas droit à un pareil secours, et ne pourrait-elle se servir de l'hypothèse atomique légèrement modifiée, pour grouper autour d'une idée commune ces phénomènes de discontinuité qui sont, si l'on peut s'exprimer ainsi, ce qu'il y a de plus spécialement chimique en chimie? Nous sommes loin de méconnaître l'importance extrême de l'étude des phénomènes physiques qui accompagnent la combinaison, et qui souvent en sont la condition.

Bien au contraire, à nos yeux, ils constituent l'un des grands côtés de la question, l'autre se trouvant dans le phénomène des proportions définies. L'étude des conditions physiques nous donne peut-être le pourquoi des réactions; l'hypothèse atomique nous indique le comment, et jusqu'ici nous n'entrevoyons pas même de quelle manière les théories dynamiques pourraient nous rendre compte du fait capital de la constance du rapport des poids de deux corps qui entrent en combinaison.

Nous croyons donc légitime de nous appuyer sur la théorie de l'atomicité jusqu'au moment où des faits incontestables en désaccord avec elle viennent nous obliger à l'abandonner, ou jusqu'à celui où une théorie plus large, comprenant l'ancienne comme cas particulier, nous offre les mêmes avantages et nous prête le même appui qu'elle dans la découverte des faits nouveaux.

C'est dans la pensée d'appliquer à l'un des éléments les plus importants de la chimie minéralogique, les vues et les méthodes de la chimie organique, qu'ont été commencés les travaux dont je vais avoir l'honneur de vous exposer rapidement les résultats.

Il n'est pas nécessaire, messieurs, de vous rappeler l'histoire de cette longue controverse relative à la formule de la silice, qui, presque sans faire un pas, a duré depuis Berzelius jusqu'à nos jours. L'autorité du chimiste suédois, affermie chaque jour par les confirmations éclatantes que recevaient l'une après l'autre les conclusions relatives aux poids atomiques, qu'il avait déduites avec tant de sagacité de l'étude des combinaisons de la plupart des éléments, avait fait pencher la balance du côté de la formule SiO^3, adoptée par lui pour des raisons que maintenant on pourrait trouver bien insuffisantes. Cette opinion avait à peine été ébranlée par l'observation si juste de notre illustre président d'honneur, qui, ayant

trouvé pour la densité de vapeur du chlorure de silicium des nombres s'accordant avec la formule $SiCl^2$ pour 2 volumes de vapeur, n'avait pas hésité à rapprocher ce chlorure de ceux de titane et d'étain.

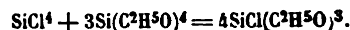
Ni cet argument si puissant, ni la constitution des fluosilicates, ni l'argument tiré par Gmelin de l'action de la silice sur le carbonate de soude au rouge, n'avaient été appréciés à leur valeur. C'est seulement après que la considération des densités de vapeur eut pris entre les mains de Gerhardt une importance nouvelle, et après que les belles recherches de M. Marignac sur l'isomorphisme des fluosilicates avec les fluotitanates et avec les fluostannates eurent montré un lien de parenté de plus entre les trois éléments silicium, titane et étain, que bon nombre de chimistes commencèrent à se rallier à l'opinion de M. Dumas. Toutefois l'oxygène étant considéré comme diatomique, à l'oxyde SiO^2 devait correspondre le chlorure $SiCl^4$; c'est ce qu'avait pressenti dès 1833 M. Gaudin, et c'est ce qu'a rappelé bien plus tard M. Odling.

Mais il fallait, pour forcer les convictions, d'autres preuves que celles déduites des considérations physiques de la densité des vapeurs et de l'isomorphisme, car quelque précieuses que soient les indications que l'une et l'autre ont fournies, il n'en est pas moins certain que les lois qui les régissent subissent des exceptions peu nombreuses, il est vrai, mais suffisantes pour motiver des doutes et pour permettre de leur refuser une valeur absolue.

Mon but a été, en commençant avec mon ami et collaborateur, M. Crafts, ces recherches sur le silicium, et en les poursuivant plus tard avec M. Ladenburg, de trouver des preuves purement chimiques de sa tétratomicité assez concluantes et en assez grand nombre pour répondre à toutes les objections. J'espère que ce but a été atteint, et je crois en outre qu'il ressortira de cette étude, d'abord une présomption nouvelle en faveur de la comparaison des corps sous volumes égaux de vapeur, et en général des méthodes employées en chimie organique, puis encore spécialement la démonstration de l'existence d'analogies entre le silicium et le carbone assez inattendues et dépassant de beaucoup ce que permettait de prévoir la nature tétratomique commune à ces deux corps simples.

Pour mettre plus de clarté dans l'exposition qui va vous être faite, messieurs, je rangerai les composés que nous allons passer en revue en trois classes. La première comprendra les dérivés éthérés du chlorure de silicium; dans la deuxième se placeront divers composés renfermant de l'hydrogène uni au silicium directement ou par l'intermédiaire du soufre; la troisième réunira les composés du silicium qu'on peut appeler organiques à un autre titre que les éthers, et qui renferment le silicium uni au carbone et jouant le même rôle que cet élément joue dans les hydrocarbures.

Composés éthérés du silicium. — Notre point de départ nous était fourni naturellement par l'éther silicique, ce corps si remarquable obtenu par Ebelmen en faisant agir le chlorure de silicium sur l'alcool. Ce composé avait été formulé par Ebelmen SiO,C^4H^5O ($Si=7$, $O=8$, $C=6$, $H=1$); d'après sa densité de vapeur, Gerhardt lui avait attribué une formule quadruple. Nous l'avons pris et chauffé avec du chlorure de silicium dans les proportions de trois molécules d'éther pour une de chlorure. Les deux corps ont réagi l'un sur l'autre, et, après purification, on a isolé un composé chloré $SiCl(C^2H^5O)^3$, ($Si=28$, $Cl=35,5$, $C=12$, $H=1$, $O=16$), qui a pris naissa[nce] suivant l'équation



$$SiCl^4 + 3Si(C^2H^5O)^4 = 4SiCl(C^2H^5O)^3.$$

Ce corps présente avec l'éther silicique une relation a[na]logue à celle qui existe entre la diéthylchlorhydrine de glycérine et la triéthyline du même corps, ou encore en l'éther chlorolactique et le lactate diéthylique :

$SiCl(C^2H^5O)^3$, monochlorhydrine-éthylsilicique. — $Si(C^2H^5O)^4$, éther si[licique]
$C^3H^5Cl(C^2H^5O)^2$, diéthylchlorhydrine glycér. — $C^3H^5(C^2H^5O)^3$, triéthyli[ne]
$C^3H^4OCl(C^2H^5O)$, éther chlorolactique. — $C^3H^4O(C^2H^5O)^2$, lactate diéth[ylique]

On voit de prime abord que la formule de l'éther siliciqu[e] qui, d'après les pures considérations chimiques, *pourrait êt[re]* aussi bien $Si(C^2H^5O)$, en posant $Si=7$, que $Si(C^2H^5O)^2$, en po[sant] $Si=14$, que $Si(C^2H^5O)^3$, en faisant $Si=21$, ou enfin qu[e] $Si(C^2H^5O)^4$, en faisant $Si=28$, est fixée à ce dernier degré [et] devenue indivisible, à moins de méconnaître les relati[ons] existant entre ce corps et la monochlorhydrine. Sa form[ule] ne pourrait pas être réduite; elle pourrait seulement dev[enir] plus compliquée. Il faudrait bien se résigner à une compli[ca]tion plus grande, si l'ensemble des corps que nous étudi[ons] pouvait être mieux groupé à l'aide de cette nouvelle hypoth[èse]. Heureusement il n'en est rien, et vous verrez, messieurs, q[ue] le poids atomique $Si=28$, qui donne au chlorure de silici[um] le volume normal, permet aussi d'exprimer de la mani[ère] la plus simple toute la série des composés siliciques.

Jugez-en par la monochlorhydrine. Si nous voulions em[-]ployer le poids atomique $Si=21$, nous serions obligés d[e] substituer à l'expression $SiCl(C^2H^5O)^3 = 2$ vol., cette autr[e] $Si^4Cl^3(C^2H^5O)^9 = 12$ vol.

La monochlorhydrine éthylsilicique n'est pas le seul corps qui prenne naissance par l'action du chlorure de silicium sur le silicate d'éthyle : on peut obtenir de la même manière, avec des proportions convenables de chlorure et d'éther silicique, une dichlorhydrine $SiCl^2(C^2H^5O)^2$ et une trichlorhydrine $SiCl^3(C^2H^5O)$. On voit que ces trois corps forment une série régulière d'intermédiaires entre le silicate d'éthyle et le chlorure de silicium, si l'on adopte pour ce dernier la formule $SiCl^4$. Avec la formule $SiCl^3$ au contraire, on aurait trois types différents de constitution renfermant 1, 2 et 4 atomes de silicium, et des corps ayant 3, 6 et 12 volumes de vapeur. C'est ce qu'on voit en se reportant au tableau de la page 365.

Le silicate de méthyle fournit également des chlorhydrines de formules analogues et donnant lieu aux mêmes considérations.

Les mêmes remarques s'appliquent exactement à de nombreux composés que l'on peut dériver des chlorhydrines en faisant réagir sur elles des alcools autres que ceux dont elle renferme les radicaux. C'est ainsi qu'en chauffant ensemble la monochlorhydrine éthylsilicique avec l'alcool amylique, on voit se produire un dégagement d'acide chlorhydrique avec formation d'un éther mixte monamyltriéthylique :

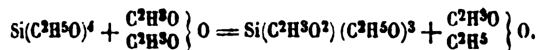


$$SiCl(C^2H^5O)^3 + C^5H^{11}OH = Si(C^5H^{11}O)(C^2H^5O)^3 + HCl.$$

A l'aide des diverses chlorhydrines éthyliques et des chlorhydrines méthyliques réagissant sur les alcools, amylique, méthylique et éthylique, on peut obtenir un grand nombre d'éthers mixtes appartenant tous au même type, celui du silicate d'éthyle normal.

A la monochlorhydrine correspond encore une acétine qui peut être obtenue en chauffant ensemble l'anhydride

l'acétate d'éthyle :



$$Si(C^2H^5O)^4 + \left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^3O \end{matrix}\right\} O = Si(C^2H^3O^2)(C^2H^5O)^3 + \left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^5 \end{matrix}\right\} O.$$

Pour terminer l'énumération des composés éthérés appartenant au type normal, ou orthosilicique, comme l'a appelé M. Odling, nous indiquerons encore la production par l'action du chlorure de silicium sur l'acide acétique cristallisable d'un anhydride mixte silico-acétique :



$$SiCl^4 + 4(C^2H^3O^2H) = 4HCl + Si(C^2H^3O^2)^4.$$

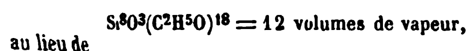
Ce corps correspond au silicate d'éthyle, dans lequel le radical éthyle serait remplacé par le radical acétyle. Il est cristallisable et volatil.

Ebelmen avait remarqué, dans la réaction du chlorure de silicium sur l'alcool aqueux, la production de corps renfermant une proportion de silice plus forte que l'éther normal. Il avait même signalé l'existence de deux éthers, le disilicate et le tétrasilicate d'éthyle, qu'il ne nous a pas été possible de retrouver, quoique nous les ayons cherchés avec beaucoup de soin, M. Crafts et moi, et quoique la théorie rendît leur formation très-probable. Nous avons isolé par contre un autre composé bouillant vers 235 degrés, et dont la composition est telle qu'il correspond à un anhydride de l'acide silicique normal, dérivé de celui-ci par condensation en une seule de 2 molécules d'acide silicique avec élimination d'une molécule d'eau :



$$2Si(OH)^4 = Si^2O(OH)^6 + H^2O.$$

Cet éther, le *disilicate hexéthylique*, peut encore moins que les chlorhydrines être formulé simplement avec le poids atomique Si = 21. Sa formule deviendrait :



$$Si^8O^3(C^2H^5O)^{18} = 12 \text{ volumes de vapeur,}$$

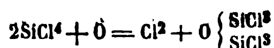
au lieu de



$$Si^2O(C^2H^5O)^6 = 2 \text{ volumes de vapeur.}$$

Un composé méthylique entièrement analogue existe également.

Ces deux derniers corps se rattachent d'une manière intime à un composé que nous venons de découvrir, M. Ladenburg et moi, l'*oxychlorure de silicium*. Ce dernier se produit en petite quantité lorsque du chlorure de silicium passe dans un tube chauffé au rouge vif. L'oxygène du feldspath intervient dans sa formation, mais aussi celui de l'air, lorsqu'il peut avoir accès, ce qu'on reconnaît aisément par la mise en liberté d'une certaine quantité de chlore. Un atome d'oxygène réagit sur 2 molécules de chlorure de silicium et élimine 2 atomes de chlore avec formation du corps Si^2OCl^6 :



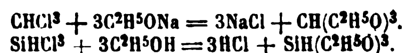
$$2SiCl^4 + O = Cl^2 + O \left\{\begin{matrix} SiCl^3 \\ SiCl^3 \end{matrix}\right.$$

La parenté de l'oxychlorure avec le disilicate hexéthylique ressort déjà de cette formule ; elle ressort mieux encore de l'expérience qui montre qu'en faisant réagir l'oxychlorure sur l'alcool absolu, on obtient le disilicate hexéthylique.

Composés hydrogénés du silicium. — Nous arrivons maintenant à une autre série de composés. Les uns et les autres semblaient avoir une composition en désaccord avec le nouveau poids atomique du silicium. Nous avons été assez heureux, mon ami M. Ladenburg et moi, pour les faire rentrer dans la loi commune.

C'est d'abord le composé intéressant obtenu par MM. Wöhler et Buff en faisant réagir l'acide chlorhydrique sur le silicium, et qui a reçu la formule compliquée $Si^2Cl^3 + 2HCl$.

Nous avons reconnu que, purifié avec soin, il présente une composition fort simple, qui le rapproche du chlorure de silicium et en fait une sorte de produit de substitution inverse. C'est du chlorure de silicium, dans lequel un atome de chlore est remplacé par un atome d'hydrogène : $SiHCl^3$. Comparable, d'une part, au chlorure de silicium, il l'est, de l'autre, au chloroforme, $CHCl^3$. Il se rapproche de ce dernier corps, non-seulement par sa constitution, mais encore par certaines réactions. De même que le chloroforme traité par l'alcool sodé fournit l'éther formique tribasique de Kay, le corps que nous pouvons appeler silicichloroforme donne, avec l'alcool absolu, un composé éthéré d'une constitution analogue :



$$CHCl^3 + 3C^2H^5ONa = 3NaCl + CH(C^2H^5O)^3.$$
$$SiHCl^3 + 3C^2H^5OH = 3HCl + SiH(C^2H^5O)^3.$$

Vous voyez apparaître ici, messieurs, un groupement très-simple encore, mais d'une stabilité assez grande, qui se transporte d'une combinaison à l'autre et joue le rôle de radical hydrosilicé. Il est contenu non-seulement dans le *silicichloroforme* et dans l'*éther siliciformique tribasique*, mais encore dans d'autres dérivés de ces corps.

L'éther siliciformique tribasique n'est pas remarquable par ce seul fait. Il jouit d'une propriété singulière et non encore expliquée. Chauffé doucement avec un fragment de sodium, il se décompose avec dégagement d'hydrogène silicé et formation de silicate d'éthyle normal :



$$4SiH(C^2H^5O)^3 = SiH^4 + 3Si(C^2H^5O)^4.$$

Le sodium ne paraît pas intervenir dans la réaction et se retrouve intact, mélangé avec le silicate d'éthyle.

L'hydrogène silicé obtenu dans cette réaction n'est pas mélangé d'hydrogène, comme celui que fournissent les autres procédés de préparation de ce gaz. Il est pur, et, chose remarquable, n'est pas spontanément inflammable à l'air sous la pression ordinaire. Il le devient lorsque la pression diminue, ainsi que cela a lieu dans une éprouvette d'une certaine hauteur renversée sur une cuve à mercure ; il brûle alors avec dépôt de silicium brun amorphe. Ce qui prouve la pureté du gaz obtenu, c'est la manière dont il se comporte vis-à-vis de la potasse. Mis en contact avec elle, il quadruple de volume : 2 volumes d'hydrogène silicé SiH^4 renferment, en effet, 4 volumes d'hydrogène, et le silicium, en se dissolvant dans la potasse, dégage 4 autres volumes du même gaz.

Le silicichloroforme fournit encore deux autres composés intéressants. L'un est une poudre blanche, qui se produit lorsqu'il réagit sur l'eau froide. Ce corps se décompose avec un dégagement lent d'hydrogène, lorsqu'il est en contact avec l'eau tiède. La potasse le dissout rapidement en dégageant également de l'hydrogène. Une fois desséché, il se conserve sans altération. Sa composition, lorsqu'il a été préparé avec du silicichloroforme pur et en ayant soin d'éviter toute décomposition, répond à la formule $Si^2H^2O^3$. On peut considérer ce corps comme l'anhydride de l'acide siliciformique :



$$\left.\begin{matrix} SiHO \\ SiHO \end{matrix}\right\} O.$$

Il prend naissance par la substitution de $\frac{3}{2}$ O à Cl^3 dans le silicichloroforme.

En soumettant le silicichloroforme à l'action du brome, on le transforme en un chlorobromure $SiBrCl^3$, dont l'existence, comme celle du silicichloroforme lui-même, suffirait pour

assigner au chlorure de silicium la formule $SiCl^4$. Mais je n'insiste pas là-dessus, la démonstration pourrait paraître surabondante.

En traitant le silicium par l'acide iodhydrique, MM. Wöhler et Buff ont obtenu un composé cristallin de couleur amarante, auquel ils attribuaient la formule $Si^2I^3 + 2HI$. J'ai reconnu que le produit obtenu dans ces conditions est un mélange d'iodure de silicium avec une petite quantité d'un composé hydrogéné, analogue au silicichloroforme. J'ai réussi à obtenir l'iodure de silicium pur par l'action de l'iode au rouge, sur le silicium, dans un courant d'acide carbonique.

L'iodure de silicium répond au chlorure et au bromure; il est presque incolore, cristallisable, distillable dans un courant d'acide carbonique ou d'hydrogène. Il brûle lorsqu'on le chauffe à l'air.

M. Isidore Pierre avait signalé la formation d'un composé qu'il avait considéré comme étant un chlorosulfure de silicium $SiCl^2S$ ($Si = 21$, $Cl = 35{,}5$, $S = 16$) et comme pouvant servir à démontrer l'exactitude de la formule $SiCl^3$ du chlorure de silicium.

Une étude attentive de ce composé, produit par l'action de l'hydrogène sulfuré sur le chlorure de silicium au rouge, a conduit à des résultats assez inattendus. Le silicium, le chlore et le soufre s'y sont trouvés contenus dans le rapport de 1 à 3 et à 1, donnant ainsi un excès d'une atomicité sur le nombre appartenant au silicium. Ce rapport insolite aurait pu nous porter à croire que le composé sulfuré était analogue au bisulfure d'éthyle ; toutefois son point d'ébullition, assez peu élevé, s'accordait mal avec cette supposition, et sa formation s'étant opérée en présence de l'hydrogène, on pouvait supposer qu'il entrât une certaine proportion de cet élément dans sa composition.

C'est ce que l'expérience a vérifié, et l'on a pu isoler l'hydrogène à l'état gazeux en détruisant le chlorosulfure à l'aide du cuivre chauffé au rouge. On peut encore plus facilement mettre en évidence la présence de l'hydrogène en traitant le chlorosulfure par le brome, qui le transforme en chlorobromure $SiBrCl^3$, avec dégagement d'acide bromhydrique et formation de bromure de soufre.

La constitution du corps est donc exprimée par la formule :



$$SiCl^3SH,$$

qui, aussi bien que toutes les précédentes, est en rapport simple avec celle du chlorure de silicium, et qui fait du corps découvert par M. Isidore Pierre une sorte de *mercaptan silicimėthylique trichloré*.

Ici encore l'analogie de constitution avec celle du mercaptan entraîne avec elle une analogie de réactions. Le brome, agissant sur le mercaptan ordinaire, fournit du bromure d'éthyle, du bromure de soufre et de l'acide bromhydrique, ce qui correspond exactement à ce qui se passe pour le *silicimercaptan trichloré*.

Composés organo-siliciques. — Nous passons enfin à la troisième série de composés, ceux qui peuvent être appelés composés organiques du silicium par excellence. En effet, si dans quelques-uns des corps que nous venons d'énumérer, il existe un groupement hydrosilicé formant radical, ce groupement était réduit à sa plus grande simplicité et ne renfermait qu'un atome de silicium. Les corps dont il va être question ne contiennent encore qu'un atome de silicium ; mais celui-ci est intimement lié au carbone, et constitue, avec le groupe ou avec les groupes hydrocarbonés, de véritables radi organiques en tout comparables à ceux dont nous a l'habitude de concevoir l'existence dans les alcools, les aci les éthers, etc., pour simplifier leurs formules et pour m faire ressortir leurs relations réciproques.

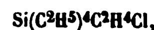
Le premier corps de cette série est le *silicium-éthyle*, q été obtenu en faisant réagir en vase clos et vers 180 degré chlorure de silicium sur le zinc-éthyle :



$$SiCl^4 + 2Zn(C^2H^5)^2 = 2ZnCl^2 + Si(C^2H^5)^4.$$

C'est un corps ressemblant beaucoup plus à certains hyd carbures qu'à la plupart des composés organo-métalliques métalloïdiques. Il ne s'enflamme pas à l'air, et présente contraire une stabilité telle qu'on peut le chauffer avec potasse et le traiter par l'acide sulfurique concentré sans l' térer. Il faut, pour transformer en silice le silicium qu'il r ferme, le traiter à une température élevée par l'acide tique.

Le silicium-éthyle, soumis à l'action du chlore ou brome, ne se comporte pas comme le fait dans des circ stances analogues le *stanntétréthyle* (biéthyle stannique M. Frankland). Ce dernier corps, lorsqu'on le traite par l ou par l'acide chlorhydrique, perd une fois le groupe éth qui est remplacé par de l'iode ou du chlore pour form l'iodure ou le chlorure de stanntriéthyle, avec producti d'iodure ou d'hydrure d'éthyle. Le silicium-éthyle perd l'hydrogène seulement, exactement comme le fait un hyd carbure saturé. Il se forme un produit (ou plutôt des produi de substitution, dans le sens ordinaire du mot, et l'on obti ainsi un chlorure



$$Si(C^2H^5)^4C^2H^4Cl,$$

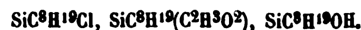
ou



$$SiC^8H^{19}Cl,$$

qui peut être considéré comme le chlorure d'un radica SiC^8H^{19}, pouvant être comparé au nonyle C^9H^{19}, dans lequ un atome de carbone serait remplacé par un atome de sil bone.

Ce qui justifie cette manière de présenter les faits, c'e qu'en traitant par l'acétate de potasse, en solution alcooliqu le *chlorure de silicononyle*, on le transforme en un acéta renfermant le même groupe silicononyle, et qu'enfin, e saponifiant cet éther par la potasse, on obtient un alcool q en dérive, exactement comme, par exemple, on peut dérive du chlorure d'amyle l'alcool amylique en suivant cette voi détournée, mais féconde, qui a fourni à M. Wurtz les gl cols :

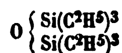


$$SiC^8H^{19}Cl,\ SiC^8H^{19}(C^2H^3O^2),\ SiC^8H^{19}OH.$$

Le silicium-éthyle monochloré, donnant un alcool monat mique, le silicium éthyle bichloré, pourrait, semble-t-il fournir un alcool diatomique. Il n'en est rien. Lorsqu'on sou met le silicium-éthyle bichloré à l'action de la potasse, o même de l'acétate de potasse, la molécule est attaquée d'un manière plus profonde. Un groupe éthylique se détache ave tout le chlore contenu dans le produit, montrant ainsi que dans le silicium-éthyle bichloré, les 2 atomes de chlor sont allés se placer dans le même groupe éthylique, et non pas dans deux groupes différents, comme la symétrie aurai pu le faire supposer. M. Lieben a signalé un fait analogu dans le dérivé bichloré de l'éther ordinaire.

Dans la réaction qui nous occupe, le groupe éthyle qui dis-

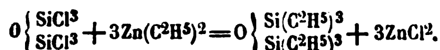
rait est remplacé par la moitié d'un atome d'oxygène, et il se forme un nouveau composé :



$$O\left\{\begin{array}{l}Si(C^2H^5)^3\\Si(C^2H^5)^3\end{array}\right.$$

qui est une sorte d'éther ou d'oxyde du radical *silicium-triéthyle*.

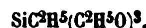
Ce corps a des relations étroites avec l'oxychlorure de silicium, dont nous avons parlé précédemment, et peut s'en dériver par l'action du zinc-éthyle :



$$O\left\{\begin{array}{l}SiCl^3\\SiCl^3\end{array}\right. + 3Zn(C^2H^5)^2 = O\left\{\begin{array}{l}Si(C^2H^5)^3\\Si(C^2H^5)^3\end{array}\right. + 3ZnCl^2.$$

Si le silicium-éthyle constitue une sorte d'*hydrure de silico-nonyle*, le silicium-méthyle est au même titre un hydrure de *silico-amyle*, et le *silicium diméthyldiéthyle*, que nous avons également obtenu, un *hydrure de silico-heptyle*. Toutefois l'étude de ces deux derniers corps, bien plus difficiles à préparer, n'a pas été poussée à beaucoup près aussi loin que celle du silicium-éthyle.

Nous n'avons pas encore terminé l'énumération des composés de cet ordre. En remplaçant dans l'action du zinc-éthyle le chlorure de silicium, ce dernier par des dérivés siliciques moins chlorés, on peut obtenir des corps renfermant un nombre moindre d'atomes de carbone. C'est ce qui a lieu lorsqu'on traite, par exemple, la monochlorhydrine éthylsilicique par le zinc-éthyle. Nous avons reconnu que, dans ce cas, on peut obtenir une réaction entre les deux corps, sans chauffer à une température élevée, à l'aide d'un artifice qui pourra rendre des services analogues dans bien des circonstances. Il suffit d'ajouter au mélange quelques fragments de sodium. La réaction commence dès qu'on applique une douce chaleur, et peut devenir très-vive si on ne la modère. Il se dépose du zinc métallique; il se forme du chlorure de sodium; il se dégage des gaz, chlorés d'abord, puis simplement hydrocarbonés, et l'on obtient finalement, après distillation, un produit éthéré renfermant :



$$SiC^2H^5(C^2H^5O)^3.$$

C'est de la monochlorhydrine $SiCl(C^2H^5O)^3$, dans laquelle le chlore est remplacé par le groupe éthyle. On voit que ce corps est une sorte d'intermédiaire entre le silicium-éthyle et l'éther silicique. Aussi participe-t-il de la nature de l'un et de l'autre, stable et non entièrement décomposable, sauf par l'acide azotique concentré, comme le premier, saponifiable par la potasse pour la partie oxéthylée, comme le second.

Lorsqu'on chauffe le corps éthéré avec de la potasse très-concentrée, additionnée de quelques fragments de potasse solide, on voit se produire une vive réaction et se former deux couches, solubles toutes deux dans l'eau. Lorsqu'on neutralise par l'acide chlorhydrique, on détermine la formation d'un précipité floconneux ressemblant à la silice, mais renfermant, outre le silicium, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène.

D'après l'analyse qui en a été faite, ce corps est un mélange d'une petite quantité de silice avec un acide ayant pour composition :



$$SiC^2H^5O^2H.$$

Dans la saponification de l'éther $SiC^2H^5(C^2H^5O)^3$, il se passe quelque chose d'analogue à ce qui arrive dans celle de l'éther formique tribasique $CH(C^2H^5O)^3$. Dans ce dernier cas, on obtient de l'acide formique; dans le premier, un acide *silico-propionique*. Ce corps se comporte comme un acide faible analogue à la silice. Sa solution faiblement alcaline donne, avec l'azotate d'argent, un précipité blanc ou jaunâtre qui renferme, avec de l'argent, les éléments d'un acide silico-carboné, et qui est soluble dans l'ammoniaque.

On remarquera dans l'éther, comme dans l'acide, l'existence d'un radical triatomique SiC^2H^5, qui peut être consi-

	C = 12, O = 16, H = 1, S = 32, Cl = 35,5, Br = 80.			
	Si = 28	H = 1 vol.	Si = 21	H = 2 vol.
Éther silicique normal	$Si(C^2H^5O)^4$	2 vol. de vap.	$Si(C^2H^5O)$	3 vol. de vap.
Monochlorhydrine-éthylsilicique	$SiCl(C^2H^5O)^3$	id.	$Si^4Cl^3(C^2H^5O)^9$	12 vol. de vap.
Dichlorhydrine	$SiCl^2(C^2H^5O)^2$	id.	$Si^2Cl^3(C^2H^5O)^3$	6 vol. de vap.
Trichlorhydrine	$SiCl^3(C^2H^5O)$	id.	$Si^4Cl^9(C^2H^5O)^3$	12 vol. de vap.
Chlorure de silicium	$SiCl^4$	id.	$SiCl^3$	3 vol. de vap.
Etc.				
Éther mixte monamyléthylsilicique	$Si(C^5H^{11}O)(C^2H^5O)^3$	2 vol. de vap.	$Si^4(C^5H^{11}O)^3(C^2H^4O)^9$	12 vol. de vap.
Éther diéthyle-diamylsilicique	$Si(C^2H^5O)^2(C^5H^{11}O)^2$	id.	$Si^2(C^2H^5O)^3(C^5H^{11}O)^3$	6 vol. de vap.
Silicoacétine éthylique	$Si(C^2H^3O^2)(C^2H^5O)^3$	id.	$Si^4(C^2H^3O^2)^3(C^2H^5O)^9$	12 vol. de vap.
Anhydride mixte acétosilicique	$Si(C^2H^3O^2)^4$	—	$Si(C^2H^3O^2)^3$	—
Etc.				
Disilicate hexéthylique	$Si^2O(C^2H^5O)^6$	2 vol. de vap.	$Si^8O^3(C^2H^5O)^{18}$	12 vol. de vap.
Disilicate hexaméthylique	$Si^2O(CH^3O)^6$	id.	$Si^8O^3(CH^3O)^{18}$	id.
Oxychlorure de silicium	Si^2OCl^6	id.	$Si^8O^3Cl^{18}$	id.
Silicichloroforme	$SiHCl^3$	2 vol. de vap.	$Si^4CH^3Cl^9$	12 vol. de vap.
Chlorobromure de silicium	$SiBrCl^3$	id.	$Si^4Br^3Cl^9$	id.
Éther siliciformique tribasique	$SiH(C^2H^5O)^3$	id.	$Si^4H^3(C^2H^5O)^9$	id.
Hydrogène silicé	SiH^4	id.	SiH^3	3 vol. de vap.
Anhydride siliciformique	$Si^2H^2O^3$	—	$Si^8H^6O^9$	—
Silicimercaptan trichloré	$SiCl^3SH$	2 vol. de vap.	$Si^4Cl^6S^3H^3$	12 vol. de vap.
Silicium éthyle	$Si(C^2H^5)^4$	2 vol. de vap.	$Si(C^2H^5)^3$	3 vol. de vap.
Silicium éthyle monochloré	$SiC^8H^{19}Cl$	—	$Si^4C^{24}H^{57}Cl^3$	—
Acétate de siliconoyle	$SiC^8H^{19}(C^2H^3O^2)$	—	$Si^4C^{24}H^{57}(C^2H^3O^2)^3$	—
Hydrate de siliconoyle	$SiC^8H^{19}OH$	—	$Si^4C^{24}H^{57}(OH)^3$	—
Oxyde de silicium triéthyle	$Si^2O(C^2H^5)^6$	2 vol. de vap.	$Si^8O^3(C^2H^5)^{18}$	12 vol. de vap.
Triéthyline silico-allylique	$SiC^2H^5(C^2H^5O)^3$	2 vol. de vap.	$Si^4(C^2H^5)^3(C^2H^5O)^9$	id.
Acide silico-propionique	$SiC^2H^5O^2H$	—	$Si^4(C^2H^5)^3O^6H^3$	—

dans l'anhydride siliciformique. On peut l'appeler *silico-allyle*, pour rappeler son analogie avec l'allyle C^3H^5, comme lui triatomique.

J'espère, messieurs, que l'énumération qui vient d'être faite aura suffi pour porter la conviction dans vos esprits au sujet du poids atomique du silicium. J'espère aussi que vous aurez été frappés du grand nombre de rapprochements que les faits ont établis entre le silicium et le carbone, mais en même temps des différences non moins sensibles qui existent dans l'allure de ces deux corps, le carbone ayant avant tout une tendance à former des combinaisons complexes par union directe des atomes de carbone (rarement par l'intermédiaire de l'oxygène : éthers); le silicium donnant, par la condensation de ses combinaisons oxygénées, ce type remarquable des disilicates, et tous les polysilicates organiques et minéraux, mais n'ayant pas encore fourni de composé dans lequel on puisse admettre l'existence de deux atomes de silicium se saturant réciproquement en partie. Trouver un tel corps est le grand pas qui reste à faire dans l'étude des combinaisons organiques du silicium, et divers indices que nous avons déjà recueillis permettent d'espérer qu'un tel résultat sera atteint.

CHARLES FRIEDEL.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

Leçon d'ouverture. — Indication de la méthode suivie par le professeur.

Messieurs,

Depuis treize ans que j'ai l'honneur d'occuper cette chaire, j'avais le rare bonheur de compter au nombre de mes collègues les deux savants professeurs qui m'y ont précédé : M. Flourens et M. Serres. L'année qui s'est écoulée depuis ma dernière leçon a vu ces deux hommes éminents se succéder dans la tombe comme ils s'étaient succédé à cette place.

M. Flourens avait, en 1832, inauguré la chaire d'anthropologie ; il la quitta sept ans après pour la chaire de physiologie. M. Serres, son successeur, l'abandonna également en 1855 pour celle d'anatomie comparée. C'est dire que l'un et l'autre avaient conservé ici même les préoccupations physiologiques et anatomiques qui avaient rempli leur vie et provoqué les travaux qui ont rendu leur nom illustre. Par cela même, je ne saurais vous en parler sans m'écarter par trop de l'ordre d'idées qui nous réunit aujourd'hui. D'ailleurs, des voix autorisées ont rendu déjà à leur mémoire de dignes hommages, et plus tard le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences en réserve un plus durable encore à leur talent; mais, en reprenant aujourd'hui la parole, j'ai voulu au moins prononcer leurs noms dans cette enceinte, où leur voix fit entendre de si hauts enseignements, et exprimer des regrets que vous comprendrez, auxquels vous vous associerez tous.

Je ne sais que trop combien je perdrais à la comparaison ; et cependant je dois vous dire quelle est la méthode que j'ai suivie à mon tour.

Je vous ai rappelé qu'en montant à cette chaire d'anthropologie, M. Flourens était resté physiologiste, et M. Serres anatomiste. De mon côté, avant d'être anthropologiste, j'étais naturaliste, et je n'ai pas cessé de l'être. Cela seul entraînait dans la manière d'envisager l'ensemble de cet enseignement de notables différences. Permettez-moi de les indiquer en peu de mots, et de motiver le point de vue auquel j'ai cru devoir me placer.

En faisant l'histoire de l'homme, le physiologiste et l'anatomiste considèrent surtout l'individu ; le naturaliste étudie en outre l'espèce. Or, la nature même de l'homme et le passé de la science tendent également à donner à l'étude spécifique une prépondérance marquée.

Je ne puis insister sur la première de ces raisons. Il nous faudrait avoir parcouru les études que nous commençons. Je me borne à vous rappeler que les groupes humains sont fort nombreux sur le globe, qu'ils présentent entre eux des différences infinies ; que l'on ne peut, sans les avoir observés tour à tour, puis comparés entre eux, arriver à une connaissance exacte de l'humanité physique et des variétés qu'elle renferme. De cette multiplicité même, il résulte que cette branche du savoir anthropologique doit constituer à elle seule presque une science à part.

Or, cette science a été de beaucoup la moins cultivée. De tout temps l'homme individu a été étudié ou plutôt s'est étudié lui-même ; et, en même temps que cette observation constante, la médecine, science depuis longtemps bien définie dans sa sphère et dans son enseignement, a progressé peu à peu. De nombreuses institutions lui ont été consacrées. C'est donc la médecine qui, s'emparant de l'individu, l'examine isolément à l'état de santé ou de maladie, et sous l'influence des agents qui affectent diversement son organisme.

L'étude de l'homme, faite au point de vue de l'espèce, est au contraire fort récente, puisqu'on n'a pu songer à l'entreprendre avant de connaître les principaux groupes humains qui peuplent notre globe. Or, la connaissance un peu complète des terres habitées n'est pas fort ancienne. Sans doute la découverte de l'Amérique date de 1492, et le Cap a été doublé cinq ans après ; mais le premier voyage de circumnavigation vraiment scientifique, celui de Bougainville, suivi bientôt après de ceux de Cook, de Pallas et de Bruce, n'eut lieu qu'en 1768, il y a juste un siècle. Ceux de Mungo-Park et de Levaillant sont plus récents encore (1795-1805). Enfin, les voyages de Humboldt, si féconds en observations, sont compris dans la période de 1799 à 1804.

L'anthropologie du moins a trouvé d'illustres parrains sitôt que les progrès de la géographie lui ont permis de naître. Au lendemain même du premier voyage de Cook, Buffon esquissait son admirable *Histoire de l'homme*, à laquelle il s'empressait d'ajouter un supplément après les nouveaux voyages de l'illustre navigateur. Blumenbach (1775) et Camper (1791) n'ont pas tardé à compléter les descriptions extérieures de Buffon en y joignant l'étude des caractères anatomiques ; et dès le commencement du siècle (1808-1813), Prichard ajoutait à tous ces éléments de la connaissance de l'espèce humaine les considérations linguistiques empruntées à une science qui ve-

(1) Voyez, dans notre tome II (1865), un autre cours de M. de Quatrefages sur l'unité de l'espèce humaine et les migrations.

vient de naître et a déjà donné de si magnifiques résultats.

Nous arrivons ainsi, au milieu d'un mouvement progressif considérable, jusqu'à l'année 1829, qui marque une date importante pour l'anthropologie, celle de la célèbre lettre de William Edwards à Amédée Thierry. Dans cette lettre, l'éminent physiologiste, dont on oublie trop les travaux, affirmait la persistance des caractères de race. Elle eut certainement une influence très-grande sur deux événements qui doivent faire époque dans l'histoire de l'anthropologie : la transformation de la chaire anatomique du Muséum en chaire d'histoire naturelle de l'homme, et la fondation de la Société ethnologique, à laquelle Londres et Philadelphie s'empressèrent de créer des rivales.

Notre chaire d'histoire naturelle de l'homme est restée la seule; et ses annales, au jour où j'ai eu l'honneur de l'occuper pour la première fois, étaient de celles qui obligent. Aussi trouvai-je à ce moment de vives perplexités au sujet de la direction qu'il me convenait de donner à ce difficile enseignement. Pourtant mon choix ne pouvait être douteux, et je vous en ai indiqué les raisons.

Je ne me dissimulai pas quelle tâche immense j'allais me faire en cherchant à embrasser dans toute son étendue, comme j'y étais décidé, l'étude spécifique de l'homme. Sans doute des circonstances particulières avaient depuis longtemps attiré mon attention sur ces difficiles études, et j'étais plus anthropologiste que n'auraient pu le faire supposer mes publications sur les animaux inférieurs. Cependant je ne tardai pas à m'apercevoir combien celui qui étudie pour lui-même et celui qui fait de l'enseignement le but de ses efforts sont dans des positions différentes. Je comparerais volontiers le premier au touriste, le second au géographe. En effet, tandis qu'il suffit à celui-là d'arriver par des chemins de son choix à quelque pic élevé d'où son regard satisfait embrasse facilement un paysage immense, devinant des vallées qu'il n'a point parcourues et comparant entre eux d'autres pics dont il n'a pas gravi les sommets, le géographe doit procéder tout autrement. Il faut qu'il ait tout mesuré, et mesurer, c'est parcourir bien des fois; ce n'est pas un tableau qu'il doit pouvoir faire, mais une carte. Personne n'avait encore tracé celle du pays anthropologique; je me proposai, après en avoir été pour moi-même en quelque sorte le touriste, d'en devenir le géographe, au moins pour les grandes lignes. Je savais qu'il existait assez de matériaux pour tenter cette œuvre, mais ils étaient plus épars encore que nombreux; j'eus l'ambition, pour les réunir, d'appliquer à l'anthropologie la méthode naturelle, qui a rendu et rend encore de si grands services au botaniste et au zoologiste.

Par cela même, je ne pouvais oublier que l'ingénieur géographe ne saurait rien faire s'il n'avait une boussole; je me demandai quelle serait la mienne pour me guider, pour guider mes auditeurs au milieu des controverses que je savais devoir rencontrer dès les premiers pas. Cette boussole devait être un principe sûr, servant tour à tour de base et de critérium à toutes mes appréciations. Heureusement j'avais trouvé depuis longtemps ce dont j'avais besoin à l'école des Buffon, des Humboldt, des Müller.

Ce principe, le voici.

Quels que soient son rôle dominateur et sa supériorité dans la nature, l'homme est, par son organisme, l'égal et pas autre chose, de tous les êtres organisés. Par conséquent, sa vie physique est soumise à toutes les lois de l'organisation. Par son corps il est un animal, rien de plus, rien de moins. Il est donc soumis à toutes les lois de l'animalité.

De ce principe découle comme conséquence la méthode qui nous permettra d'aborder les questions difficiles que nous rencontrerons au seuil même de la science. Ces questions sont toutes relatives à l'espèce humaine. Par conséquent, si nous en cherchions la solution dans l'homme, nous agirions comme un mathématicien qui croirait déterminer l'inconnue de son problème en la représentant en fonction d'elle-même. Il faut évidemment renoncer à ce travail illusoire, et se rappeler que le mathématicien est satisfait alors seulement qu'il a pu exprimer son inconnue en fonction de quantités connues. Nous ferons comme lui. Au lieu de chercher dans l'homme une réponse aux questions que nous pose sa nature physique, nous chercherons à les résoudre d'abord chez les êtres organisés en général. Ce problème secondaire présentera le plus souvent une moindre difficulté; car les plantes et les animaux ont été, comme espèce, étudiés bien avant l'homme et d'une manière naturellement plus impartiale. Puis, grâce à l'identité de la nature physique de l'homme avec celle de tous les êtres organisés, nous rapporterons la solution trouvée au principal objet de notre étude, nous comparerons et nous conclurons.

Cette méthode est scientifique; car elle ne prend pour base que des données positives; elle est légitime, car la physiologie et la médecine lui doivent quelques-uns de leurs plus grands progrès. Elle nous donnera la solution directe de la plupart des questions que nous aurons à traiter. Nous l'emploierons également comme un criterium des plus sûrs pour apprécier les doctrines que nous rencontrerons. Tout système qui voudra faire de l'homme physique une exception dans le monde des êtres organisés sera par cela même condamné. En cela nous agirons encore comme le mathématicien. Pour lui, toute hypothèse qui conduit à des conséquences en opposition, soit avec un axiome, soit avec une vérité primitivement démontrée, est immédiatement rejetée. Pour nous, cette vérité sera l'identité physique et physiologique de l'homme et des autres êtres organisés.

Cette méthode que je me borne à indiquer aujourd'hui, sauf à la justifier plus tard, peut, au premier abord, paraître longue et détournée. Sans doute, elle étend considérablement le domaine de l'anthropologie, puisqu'elle lui donne comme auxiliaires indispensables la physiologie botanique et zoologique; mais elle est en réalité la seule qui permette de marcher sûrement. Grâce à elle, nous pourrons aborder l'étude des espèces et des races, celle de leur distinction, de la formation de ces dernières. Ces questions, posées et résolues d'abord pour les plantes et les animaux, permettent seules d'aborder le grand problème de l'unité ou de la multiplicité de l'espèce humaine.

Mais l'histoire de l'homme pose bien d'autres questions générales, et nous aurons à interroger, pour les résoudre, bien d'autres branches du savoir humain. Lorsque nous nous demanderons si l'homme a eu sur la terre un ou plusieurs centres d'apparition, nous devrons étudier les faits de la distribution des végétaux et des animaux sur la surface du globe, c'est-à-dire invoquer le témoignage de la géographie botanique et zoologique. Quand nous parlerons de migrations, force sera d'interroger l'histoire. Parfois, pour démontrer leur possibilité, quand l'histoire sera muette, nous aurons à entrer par l'étude des courants marins et aériens, dans le do-

nous seront d'un secours nécessaire, si nous cherchons à fixer l'époque de l'apparition de l'homme sur la terre. Il faut enfin aller plus loin. Je ne serais pas complétement naturaliste si je ne faisais aussi leur part aux caractères intellectuels, moraux et religieux que l'on constate chez l'homme. N'ai-je pas, pour justifier cet examen, l'exemple d'un zoologiste, qui se préoccupe, à bon droit, de l'instinct des abeilles et des fourmis ?

Si je me laissais aller à un courant qui entraîne en ce moment même de très-grands et très-bons esprits, je devrais ajouter à cette liste des sciences auxiliaires de nos études la théologie et la philosophie. Mais, — et je tiens à en faire dès aujourd'hui la déclaration très-formelle, — je ne mettrai jamais les pieds sur ce terrain. Depuis longtemps j'ai la conviction arrêtée que ni les théologiens ni les philosophes n'ont rien à gagner à se battre sur le terrain de la science, et que la science ne peut que perdre à se préoccuper de ces luttes. Je suis homme de science, naturaliste, professeur au Muséum; ce sont autant de titres pour que, sans blâmer en elles-mêmes les controverses dont je parle et sans me prononcer sur leurs résultats, je les laisse aux hommes dans le ressort de qui elles sont naturellement placées, ou à ceux qui croient pouvoir les aborder.

Au surplus, même en excluant de l'anthropologie cet ordre d'idées, je crois vous avoir fait entrevoir un champ d'étude bien assez vaste. En définitive, pour faire d'une manière un peu complète l'histoire naturelle de l'homme, il faut recourir plus ou moins à presque toutes les branches du savoir humain.

Est-ce à dire qu'il soit nécessaire, pour l'aborder, d'être universel? Une telle prétention serait déplacée chez moi plus que chez tout autre. Heureusement je n'ai pas à choisir entre une confiance présomptueuse et un aveu d'impuissance. La méthode que nous suivrons ici est celle des sciences naturelles; elle repose sur l'observation; elle doit être, pour ainsi dire, nourrie de faits. Ces faits, j'irai les demander aux hommes spéciaux quand ils seront en dehors du champ de mes études. J'ajouterai à ces matériaux ceux qu'il m'est permis de recueillir et de juger par moi-même. Nous rapprocherons, nous comparerons les données empruntées ainsi à des sources bien différentes; nous les contrôlerons parfois les unes pour les autres, et de là même ressortiront dans bien des cas des conséquences que n'eussent pu donner des études isolées et faites à un seul point de vue.

Nous emprunterons donc, et beaucoup, à une foule de sciences ayant déjà des titres anciens et des noms connus de vous tous. Il ne suit pas de là, remarquez-le bien, que l'anthropologie ne vive que d'emprunts, et qu'elle ne soit pas elle-même une science, comme on l'a quelquefois prétendu. Est-il possible, en effet, quand les noms de minéralogie, de botanique, de zoologie éveillent en notre esprit l'idée de sciences bien définies, de n'en pas voir une dans l'histoire naturelle de l'homme? La multiplicité des renseignements qu'elle exige peut-elle lui faire refuser le droit de cité parmi ses sœurs? Mais aucune science, si j'en excepte les mathématiques pures, ne vit exclusivement de son propre fonds.

Trois conditions sont nécessaires et suffisent pour qu'un ordre de faits et d'idées constitue une science. C'est : 1° qu'il ait une certaine étendue; 2° qu'il présente un but bien déterminé; 3° que les faits soient reliés entre eux par des

au plus haut degré ces trois caractères.

Son but, qui est l'étude de l'homme physique, est assurément des mieux définis. Comme la physique et la chimie, l'histoire naturelle de l'homme comprend des questions générales qui s'enchaînent et se commandent; elle a ses doctrines, qui parfois se combattent, comme on l'a vu dans toutes les sciences, mais pas plus que celles qui se disputent les sciences que je viens de nommer; de ces grandes questions, de ces doctrines anthropologiques, on ne s'occupe à peu près nulle part ailleurs. Enfin, par delà les questions générales existe tout un monde de questions de détail, dont personne ne songe à nier la réalité et dont se préoccupe l'anthropologiste seul. Notre science constitue donc bien un ensemble spécial et tout à fait à part.

C'est pour éclairer cet ensemble qu'il nous faut emprunter à bien des sciences, tout comme le fait la physiologie, qui, quoique s'occupant seulement de l'histoire de l'individu, s'adresse successivement à la physique, à la chimie, à la mécanique, etc...

Cette comparaison même vous indique dans quel esprit seront abordées ici les sciences que j'ai nommées. En leur faisant des emprunts, nous ne quitterons pas notre point de vue spécial. La linguistique nous dira quels éléments ethnologiques ont concouru à la formation de certaines populations; elle nous révélera des rapports anciens entre des races séparées aujourd'hui par des siècles ou par des océans, comme la géologie par ses fossiles nous montre quelles couches successives ont formé un terrain. La géographie nous fournira les limites des races et les expliquera parfois. L'histoire nous expliquera, par le souvenir d'invasions et de mélanges des populations, les altérations subies par le type primitif de telle ou telle race, et, en confirmant les déductions tirées des caractères, elle nous enhardira à conclure là même où manquent certaines données historiques.

En réunissant ces lumières diverses, en les faisant converger, sera-t-il possible d'éclairer si bien le champ anthropologique, qu'il n'y reste plus un point obscur? Nous ne pouvons nous flatter d'un tel espoir. L'anthropologie est, ne l'oublions pas, une science nouvelle, la plus jeune de toutes: elle a fait de grands et rapides progrès sans doute, mais ses lacunes sont encore nombreuses et grandes. Je ne les dissimulerai jamais, pas plus que les incertitudes qu'elles entraînent. Nous marcherons ensemble pas à pas, cherchant à laisser le moins possible le terrain inexploré, tâchant de nous rendre rigoureusement compte de ce que nous savons et de ce que nous ne savons pas. Mon enseignement en sera sans doute moins dogmatique; et, défaut autrement grave, de fréquents aveux d'impuissance pourront rebuter quelques auditeurs peu désireux d'être initiés aux hésitations de la science et d'en prendre leur part. Mais les esprits sérieux auxquels je m'adresse penseront avec moi qu'il n'est pas d'autre moyen de faire des progrès réels; ils me sauront gré peut-être de ne pas me complaire dans l'exposition d'un système habile à masquer les points incertains et à présenter un ensemble trop aisément satisfaisant pour n'être point factice.

Messieurs, c'est à la mise en pratique de ces principes que j'ai dû jusqu'ici l'assiduité et la bienveillance de mes auditeurs; j'ose espérer qu'il en sera encore ainsi, et qu'appor

sympathie.

— Résumé par ARMAND ANGLIVIEL. —

FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE.

COURS DE M. N. JOLY.

Crâniologie ethnique.

S'il y a quelque chose de parfaitement démontré en ethnologie, c'est la haute antiquité des races humaines, et c'est leur multiplicité.

Nous n'avons pas à examiner la question de savoir si elles furent primitivement créées avec tous les caractères qui les distinguent aujourd'hui, ou bien (ce qui est, selon nous, plus probable) si elles ne sont que des variétés depuis longtemps héréditaires d'une seule et même espèce.

Que l'on soit *polygéniste* ou *monogéniste*, on est forcé de reconnaître que des races diverses ont habité l'Europe pendant les âges préhistoriques.

Quels étaient ces peuples primitifs et notamment le plus ancien de tous? Était-il d'origine finnoise, ibérienne ou ligure? Était-il né sur le sol même où nous retrouvons ses ossements ou les restes de son industrie?

Nul jusqu'à présent, je crois, ne peut répondre d'une manière infaillible à ces graves questions. A défaut de documents plus précis, on a cherché les éléments d'une solution quelconque dans la conformation des pièces de squelette, et surtout dans la forme du crâne. Mais, comme le nombre des têtes osseuses authentiques remontant à ces époques reculées est très-peu considérable, comme la signification des différences qu'elles présentent, soit entre elles, soit avec les crânes des peuples modernes, est extrêmement difficile à préciser, il s'ensuit que les résultats obtenus sont le plus souvent contradictoires, incertains, exagérés, souvent même ridicules.

On ne peut en effet s'empêcher de sourire, quand on voit avec quelle imperturbable assurance certains anthropologistes déclarent, en mettant le doigt sur tel ou tel crâne plus ou moins fossile, que ce crâne appartient à un individu de race ibérienne, ligure, celtique, protoceltique, phénicienne, romaine, etc., etc., comme si les caractères crânioscopiques de ces diverses races étaient assez précis et assez bien connus pour que, dans l'état actuel de la science, on puisse prononcer à coup sûr de semblables oracles. On dit que les augures de l'antiquité ne pouvaient se regarder sans rire. Je m'étonne que certains anatomistes de notre époque ne fassent pas comme les augures.

Ah! si les hommes de l'âge de pierre ou de bronze pouvaient tout à coup revenir à la vie sous l'invocation de nos modernes Saüls, que de sanglants démentis ne donneraient-ils pas à leurs jugements si sûrs en apparence! Que de mystifications scientifiques ne constateraient-ils pas dans nos livres les plus en vogue et les plus estimés!

A Dieu ne plaise toutefois que je méconnaisse le moins du monde la valeur et l'importance de travaux sérieux, comme ceux dont plusieurs membres de la Société d'anthropologie de Paris nous offrent le modèle. Ceux des Retzius, des Rütimeyer, des Wilson, des Meigs, des Morton, des Squiers, notre reconnaissance.

Ce qui me paraît digne de blâme, c'est la promptitude, c'est la légèreté déplorable avec laquelle les anthropologistes de cabinet ou les néophytes trop ardents se prononcent sur l'origine et les caractères de tel ou tel crâne, antique ou non, que le hasard a fait tomber entre leurs mains. Il me semble voir les fossoyeurs de Shakspeare jouer avec les débris des morts, et alors je me demande, comme le poëte: « Ces ossements ont-ils donc coûté si peu à former, qu'ils soient faits pour servir à nos jeux (1)? »

Les maîtres de la science eux-mêmes ne savent pas toujours se défendre contre cette précipitation, contre la tentation de deviner quand il faudrait prouver.

A l'appui de mon dire, qu'on me permette de rapporter ici une anecdote peu connue en France, mais devenue presque vulgaire en Amérique. Dans ce pays de la science, de l'industrie et de la liberté, un crâniologiste célèbre reçoit un jour (c'était en 1847) une boîte venant de Naples, et renfermant un crâne de provenance non indiquée, mais sûrement très-ancien. Il le tourne, le retourne, l'examine dans tous les sens, et enfin il s'écrie: *C'est là un crâne phénicien!* Or, notez bien ceci: notre savant n'avait jamais vu de crâne phénicien; il ignorait le lieu d'origine de celui qu'il avait sous les yeux, mais ce crâne était pour lui ce que devait être un crâne phénicien, et il ne pouvait être autre chose. Mais comment le savait-il? Par une pure intuition de l'esprit et en vertu de l'axiome posé par Schelling: « Philosopher sur la nature, c'est créer la nature. » Il créait de toutes pièces un crâne phénicien. Par une coïncidence pour lui très-heureuse, il serait possible qu'il eût deviné juste, car, six mois après, l'auteur de cette détermination à priori recevait d'Europe une étiquette destinée à être placée sur le crâne en question. Cette étiquette était ainsi conçue: « *Crâne provenant des grottes sépulcrales de Ben-Djemma, dans l'île de Malte. Ce crâne paraît avoir appartenu à un individu de la race qui, dans les temps les plus anciens, occupait la côte septentrionale de l'Afrique et les îles adjacentes.* »

Reste à savoir si, comme on l'a prétendu, les grottes de Ben-Djemma recèlent réellement les restes d'une colonie phénicienne jadis établie dans l'île de Malte.

Dans tous les cas, hâtons-nous de dire que l'auteur de l'envoi dont j'ai parlé est M. S. Fresnel, voyageur archéologue des plus instruits, et que l'auteur de la détermination hardie qui rapporte le crâne dont il s'agit à la race phénicienne n'est autre que l'illustre Morton (2).

On peut réussir une fois sur mille à ce jeu-là; mais est-il bien digne de la science telle que nous la concevons? Et peut-on, je le demande encore, se prononcer avec tant d'assurance sur un sujet si délicat, lorsque des milliers d'observations ont prouvé que non-seulement la forme, mais encore la capacité crânienne varie chez une seule et même race, dans une seule et même ville aux diverses époques de la civilisation, et, en ce qui touche aux animaux, selon l'état de nature ou de domesticité. Comparez seulement sous le rapport de l'âge une tête d'enfant à une tête de vieillard, une

(1) Shakspeare, *Hamlet*, acte V, scène 1re.

(2) Voyez dans *Annual Report of the Smithsonian Institution*, année 1862, le savant mémoire de Daniel Wilson, intitulé: *Physical Ethnology*, page 272.

tête d'ours jeune à une tête d'ours adulte, le crâne du sanglier domestique à celui du sanglier sauvage, et vous verrez les différences.

Est-il donc logique de choisir, pour base principale d'une classification des races, une partie du squelette susceptible de se modifier plus que toute autre selon les âges, les sexes, les lieux, les coutumes, le degré de civilisation, les alliances et les mélanges de toute sorte ?

Après avoir étudié avec soin 1125 crânes humains appartenant aux peuples les plus divers, le docteur Meigs affirme, avec un peu d'exagération peut-être, que les variétés des formes crâniennes ont une tendance marquée à passer plus ou moins insensiblement les unes dans les autres. Aucune de ces formes, ajoute-t-il, ne peut être regardée comme appartenant exclusivement à une race ou à une tribu quelconque. Aucune d'elles, par conséquent, ne peut être considérée comme strictement typique ; car un caractère, une forme, pour être typique, devrait être exclusif et constant.

Qui s'aviserait jamais, en présence d'une collection un peu nombreuse de crânes de chiens ou de moutons, de vouloir classer les races canines ou ovines, d'après la seule considération de leurs têtes osseuses ? Et cependant ce tour de force impossible, on veut l'exécuter lorsqu'il s'agit des races humaines, présentes ou passées !

C'est en effet sur la conformation des crânes humains que Blumenbach, Pritchard, Cuvier, et plus récemment le professeur Retzius, de Stockholm, ont fondé leur distribution des nombreuses races ou variétés humaines répandues sur tous les points du globe.

Comme nous aurons fréquemment l'occasion d'employer les termes dont Retzius se sert, et qui sont généralement admis, nous croyons devoir les définir ici une fois pour toutes. Il nomme *brachycéphales* les crânes dont le diamètre antéro-postérieur ne diffère pas notablement du transversal, et *dolichocéphales* ceux chez lesquels prédomine de beaucoup le diamètre longitudinal ou antéro-postérieur. Un crâne est dit *prognathe* lorsque les mâchoires à dents antérieures proclives offrent une saillie plus ou moins prononcée, une sorte de museau, comme celui des races nègres ou australiennes. Il est dit *orthognathe* dans les cas où cette saillie n'existe pas. Tel est le type improprement appelé caucasique, dont la race blanche fait partie.

Les caractères tirés de la face sont préférables à ceux du crâne et ont plus de valeur et plus de constance que ces derniers. Ainsi, les nègres d'Afrique et les Celtes d'Asie sont *dolichocéphales*, mais les uns sont *prognathes* et les autres *orthognathes*. Cependant, même à ce point de vue, il ne faut rien exagérer, car le prognathisme accidentel peut être plus ou moins prononcé chez certains individus appartenant aux races dites caucasiques. L'absence des parties molles augmente encore les difficultés inhérentes à ce sujet si complexe. Ainsi, à Constantinople, par exemple, un œil un peu exercé pourra distinguer assez facilement, par les traits du visage, un enfant d'Israël au milieu d'une assemblée de popes grecs ou de muphtis musulmans ; mais je défie l'anatomiste le plus habile, se nommât-il Pruner-bey, de reconnaître le crâne de l'Israélite au milieu de ceux de certains disciples de Jésus ou de Mahomet.

Sans attribuer à la classification de Retzius plus d'importance qu'elle n'en mérite, le professeur Broca a cru devoir la modifier légèrement pour la commodité des descriptions.

Appelant *indice céphalique* le rapport, réduit en centièmes du diamètre transversal maximum au diamètre antéro-postérieur maximum, M. Broca divise les crânes humains ainsi qu'il suit :

Crânes	Dolichocéphales	purs... indice plus petit que	75 p. 100.
		sous-dolichocéphales... entre	75 et 77,5.
	Mésaticéphales	... entre	77,7 et 79,9
	Brachycéphales	sous-brachycéphales... entre	80 et 84,9.
		purs...	85 et au delà

M. Broca distingue aussi une dolichocéphalie *frontale* (exemples : les blancs adultes, les Celtes) et une dolichocéphalie *occipitale* (exemples : les blancs nouveau-nés, les Basques, les nègres, les Alfourous). Cette distinction nous paraît peu fondée.

Lorsqu'en réunissant tous les éléments que la science moderne a mis à notre disposition ; lorsqu'en étudiant avec attention tous les caractères physiques, intellectuels et moraux des divers groupes humains, on a tant de peine à les rapporter à la véritable race à laquelle ils appartiennent ; lorsqu'on discute encore pour savoir si non-seulement les Américains, mais encore les Basques actuels, sont *brachycéphales* ou *dolichocéphales*, on voudrait nous faire croire qu'il est possible, et même presque facile, de rendre avec certitude à la race ou à la tribu dont ils faisaient partie, ces quelques crânes mutilés que le hasard ou le zèle des paléontologistes vient d'arracher à leur sommeil, qui sait combien de fois séculaire ?

Cependant, avec une franchise qui mériterait de trouver un plus grand nombre d'imitateurs, le professeur Wagner nous affirme avoir observé toutes les formes possibles sur soixante-trois crânes retirés d'un cimetière du XIIIe siècle. Un archéologue non prévenu aurait pu, nous dit-il, trouver là les trois types des âges de la *pierre*, du *bronze* et du *fer*, ou bien les rapporter, les uns aux Slaves, les autres aux Celtes et le reste aux Germains. Or, tous appartiennent à des individus qui avaient succombé pendant la guerre des paysans !

Que de variations survenues dans les crânes d'une même race, et dont il serait impossible de se rendre compte, si l'histoire n'était là pour nous apprendre que ces modifications sont dues à l'influence des croisements ou aux progrès de la civilisation !

D'après M. F. Lenormant, les crânes égyptiens antérieurs à la sixième dynastie sont généralement *dolichocéphales* ; à partir de la onzième, c'est-à-dire après l'invasion des *Hycsos*, ou *rois pasteurs*, ils sont *brachycéphales*.

On sait aussi que les Turcs nomades ont une forme de crâne qui les rapproche des Mongols, tandis que les Turcs osmanlis, depuis longtemps civilisés, ressemblent presque entièrement au type caucasien le plus parfait. Des changements analogues ont eu lieu chez les Finnois et chez les Magyares actuels (1).

Ces derniers, d'origine tartare, ont chassé les Slaves de la Hongrie, s'y sont établis en vainqueurs, ont dépouillé leurs mœurs barbares sous un climat plus doux, et ont vu leur crâne pyramidal prendre une forme elliptique. Indépendamment de toute alliance avec les Slaves, les Magyares actuels sont devenus, au bout de dix siècles seulement, un peuple

(1) Pour de plus amples détails, voyez, dans le *Cyclopædia of Anatomy and Physiology* de R. Todd, l'article intitulé : *Varieties of Mankind*, p. 1325 et suiv. ; et de Quatrefages, *Unité de l'espèce humaine*, p. 208 et suiv.

remarquable par la beauté de ses proportions et de ses traits, surtout chez les individus appartenant au sexe féminin.

Cependant on s'accorde généralement à dire que les Magyares étaient de même type et de la même origine que les Lapons, restés laids, petits, à crâne mongoloïde. Enfin, en se fondant, il est vrai, sur des considérations purement linguistiques, le docteur Latham et M. Noris assurent que le type caucasien lui-même dérive du mongol, et W. B. Carpenter n'est pas loin d'adopter cette idée, que paraîtraient confirmer les changements survenus dans l'habitat, dans la manière de vivre, dans les progrès de la civilisation, et par suite dans la conformation physique tout entière. Sous l'influence de causes analogues, les nègres d'Afrique, transportés aux États-Unis, ont acquis une face moins prognathe, un nez moins épaté, des lèvres moins épaisses, une physionomie plus intelligente, se sont rapprochés, en un mot, du type américain.

Enfin M. Broca n'a-t-il pas démontré que les crânes parisiens ont subi depuis le moyen âge une augmentation de volume considérable, évidemment en rapport avec l'accroissement du cerveau (1), dû lui-même aux progrès intellectuels et moraux des enfants de Paris?

Du reste, rien que de naturel dans ces faits, quelque surprenants qu'ils paraissent.

« Car il en est de l'homme comme de tous les êtres vivants, et l'organe de la pensée, qui le distingue du reste de la création, n'en est pas moins soumis à la même loi que tous les autres. L'organisation cérébrale est susceptible de développements successifs de génération en génération, comme il est facile de s'en assurer en comparant les têtes de différents groupes de l'échelle humaine, depuis le Papou, le plus voisin du singe, jusqu'à l'Européen le plus avancé (2). »

Indépendamment des causes de variations que nous avons déjà signalées, en ce qui touche aux formes du crâne, il en est une autre à laquelle les ethnologistes européens n'ont peut-être pas accordé toute l'attention qu'elle mérite, tandis qu'un auteur américain bien connu (Morton) en a singulièrement exagéré la valeur. Je veux parler des déformations artificielles ou accidentelles de la tête osseuse chez les peuples anciens ou modernes.

Hippocrate avait déjà remarqué la plasticité, la malléabilité, pour ainsi dire, des os du crâne dans l'enfance. Il connaissait très-bien les macrocéphales de la Crimée. Il croyait même que cette forme était transmissible par voie de génération directe. Quant aux moyens employés pour produire la macrocéphalie, il nous apprend que les mères façonnaient ainsi le crâne de leurs nouveau-nés, en le pétrissant, en quelque sorte, dans la main, et en appliquant sur cette partie, tendre encore, des bandages et autres engins appropriés pour substituer la forme très-oblongue de la tête à la forme arrondie. Strabon, Pline, Pomponius Méla, nous ont transmis les mêmes récits.

Des crânes *macrocéphales* ont été observés depuis cette époque, non-seulement en Crimée, mais encore en Autriche, dans la vallée du Danube. Longtemps on admit pour tous ces crânes une origine américaine; mais des découvertes plus nombreuses et des observations plus précises ne permirent plus de douter que la coutume de déformer la tête, répandue chez les Natchez, les Péruviens et les tribus barbares de l'Orégon, n'ait également régné autrefois chez plusieurs races de l'Europe et de l'Asie, surtout chez les Huns Avares et les anciens Bretons.

Qui n'a entendu parler des microcéphales et des arguments qu'ils ont fournis à certains naturalistes en faveur de l'origine prétendue simienne de nos premiers aïeux? Gratiolet l'a démontré : cette forme de tête, consécutive à un arrêt de développement du cerveau, indique simplement, non pas des bêtes, mais des hommes amoindris.

De nos jours, les déformations accidentelles ou artificielles de la boîte crânienne ont été étudiées avec soin, non-seulement par les ethnologistes, mais encore par les médecins aliénistes.

MM. Foville, Gosse, Delaye, etc., ont signalé depuis longtemps les inconvénients des liens ou du bandeau trop serré, au moyen duquel les mères et les nourrices donnent à la tête de leurs enfants des formes bizarres (*têtes annulaires*, *turriformes*, *pyramidales*, *bilobées*), que l'on observe encore trop fréquemment dans certaines provinces de la Belgique, de l'Allemagne et de la France (Normandie, Poitou, Languedoc), sans en excepter notre bonne ville de Toulouse.

D'autres habitudes produisent d'autres résultats. Celle de coucher l'enfant ou de l'allaiter toujours du même côté suffit pour allonger le crâne dans le sens de son diamètre antéro-postérieur. Des compressions graduelles, exercées avec intention sur les parties latérales de la tête, donnent lieu à des déformations analogues aux précédentes, et que le docteur Gosse a désignées sous le nom de *têtes aplaties sur les côtés*. Ces formes de têtes artificiellement produites se rencontrent fréquemment à Hambourg et dans toute la Belgique.

L'occiput devient large, aplati, presque vertical, et le diamètre occipito-frontal se rétrécit chez les enfants que l'on a coutume de coucher constamment sur le dos, surtout s'ils ont pour berceau une planche plate et solide, où ils sont fixés par des liens ou des courroies, à la manière des petits sauvages de l'Amérique étendus sur leurs *cradle-boards*. Cette coutume, encore très-répandue de nos jours en Allemagne, y existait déjà du temps de Vésale, car ce grand anatomiste nous dit quelque part : « Germani vero compresso plerumque capite » et lato occipite spectantur, quod pueri in cunis dorso sem- » per incumbentes, ac manibus fere citra fasciarum usum » cunarum lateribus utrinque alligantur (1). »

Il est remarquable de voir les anciens Égyptiens et les Fidjiens de nos jours suivre une coutume tout opposée. Chez ces derniers, le *nec plus ultra* de la beauté du crâne consiste en ce qu'il soit pourvu d'un occiput large, bien arrondi, saillant au-dessus de la ligne du cou. Pour obtenir ce genre de beauté, les habitants des îles Fidji, à l'exemple des Égyptiens du temps des Ptolémées, se servaient d'un oreiller ou plutôt d'un traversin formé d'un morceau de bois poli, soutenu à ses deux extrémités par deux arceaux qui lui donnent l'assiette nécessaire, et destiné à supporter le cou et non la tête (2).

Celle-ci, n'éprouvant aucune compression, se développe régulièrement dans tous les sens, et acquiert une forme assez semblable à celle des antiques habitants des bords du Nil, chez qui le *neck-pillow* était aussi en usage. Cette tête est or-

(1) Broca, *Sur la capacité des crânes parisiens des diverses époques*, dans *Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris*, 1862, p. 102.

(2) Lallemand, *Éducation publique*. Paris, 1848, p. 55.

(1) Vésale, *Opera*, lib. I, cap. V, § 25.

(2) C'est le *neck-pillow* des Anglais.

frisée, dont ils prennent grand soin et dont ils craignent de déranger l'élégant édifice pendant leur sommeil. De là l'usage forcé du ***neck-pillow***, et la saillie de l'occiput qui en est la conséquence. Le libre développement du crâne des Fidjiens est d'autant plus remarquable, que la coutume d'aplatir artificiellement l'occiput est généralement adoptée chez les Malais et chez les insulaires de l'océan Pacifique (***Chinoocks-Kanakas*** des îles Sandwich). Elle l'est surtout, et l'était plus encore autrefois, chez les populations sauvages ou à demi-civilisées du nouveau monde. On sait que les Incas et les Natchez avaient l'habitude d'aplatir la tête de leurs enfants dans le sens antéro-postérieur. Garcilaso de la Vega le dit en propres termes : « Deformavan las cabezas a los ninos en naciendo, poniendolos una tablilla en la frente, y otra en colodrillo, y se las appretavan de dia en dia hasta que eran de quatre o cinco anos, para que la cabeza quedace ancha del uno lado al otro, y angosta de la frente al colodrillo (1). »

« Ils déformaient la tête de leurs enfants nouveau-nés en leur mettant une planchette sur le front et une autre sous l'occiput ; ils approchaient ces planches de jour en jour, jusqu'à ce que ces enfants eussent atteint l'âge de quatre ou cinq ans. C'est pourquoi la tête de ces derniers est large d'un côté à l'autre, et étroite du front à l'occiput.

Rochefort, Ulloa, Barère, Gomara, Manuel, Rodiguez, la Condamine, et plus récemment encore Lawson, John Scouler, Meigs, Morton, Daniel Wilson, etc., indiquent cette même coutume chez les Péruviens, ou décrivent, comme Garcilaso, l'appareil dont certaines peuplades américaines se servent encore pour déformer la tête de leurs enfants. Nous avons eu nous-même l'occasion de voir et de décrire une momie du temps des Incas, chez laquelle la déformation crânienne dont il s'agit était fortement prononcée (2).

Il est d'ailleurs on ne peut plus facile de s'expliquer, d'après les procédés employés, non-seulement l'aplatissement du coronal, mais encore le chevauchement de cet os et de l'occiput sur les pariétaux, ainsi que l'énorme saillie des bosses pariétales. De là encore le refoulement en arrière de la masse cérébrale et la plus grande largeur des parties postérieures de la tête comparée aux antérieures. De là l'oblitération ou l'ossification prématurée des sutures fronto-pariétales et occipito-pariétales, oblitération déjà signalée par M. Alcide d'Orbigny, même chez les jeunes sujets. De là enfin l'inégalité des deux côtés opposés de la tête, les fausses sutures, la production d'os wormiens et même des traces de fractures. Du reste, chez les tribus indiennes de nos jours, l'aplatissement du crâne, dans le sens de son diamètre occipito-frontal, ne résulte pas toujours d'une compression faite à dessein. L'usage seul du ***cradle-board*** suffit pour produire ce résultat, mais, on le conçoit, d'une manière moins marquée. D'ailleurs, si l'enfant est attaché sur son berceau solide, de manière à être maintenu dans une position immobile et dans le décubitus dorsal, la région occipitale n'éprouve que la légère pression résultant du poids de la tête, pression dont les effets sont encore atténués par les soins que prennent les mères de placer sous l'occiput de leurs nourrissons au berceau des coussinets de mousse ou d'écorce effilée.

(1) Garcilaso de la Vega, *Comentario real de los Incas*, livre IX, chap. VIII, p. 346.

(2) Voyez dans les *Mémoires de l'Académie impériale des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse*, 4e série, tome I, page 251.

[illegible] la mode règle jusqu'à un certain point, [illegible] tribus de ***Têtes-plates***, la forme de crâne que l'on veut obtenir. Quelques-unes compriment le crâne tout entier, de manière à produire un disque plat, avec une face et un front énormes. D'autres lui donnent une pente abrupte, immédiatement au-dessus des sourcils, de manière à faire ressembler la face à celle d'un idiot sans cerveau, et à faire saillir les yeux comme ceux d'un rat étranglé dans une souricière, pour me servir de la pittoresque expression employée par le voyageur P. Kane.

Chez les Newatees, tribu qui habite l'extrémité nord de l'île de Vancouver, la tête prend une figure conique, au moyen d'une courroie de peau de daim doublée d'écorce de cèdre, assez finement divisée pour acquérir la consistance de l'étoupe. Le tout forme une corde de la grosseur du pouce; on l'enroule autour de la tête de l'enfant, et l'on comprime graduellement celle-ci de manière à lui donner la forme d'un cône allongé. Ce qu'il y a de plus extraordinaire dans ces déformations fantastiques, c'est que le volume du cerveau en est peu ou pas du tout affecté. Il paraît en être de même des facultés intellectuelles, puisque tous les voyageurs s'accordent à dire que les ***Têtes-plates*** de l'Orégon, de la rivière de Colombie et de l'île de Vancouver sont remarquables par leur finesse et leur intelligence (1). Ils sont même très-redoutés de leurs voisins, qui n'ont pas adopté cette mode ridicule de changer la forme donnée par la nature au crâne humain. Toute bizarre qu'elle est, peut-être même parce qu'elle est bizarre, cette mode paraît remonter aux premiers âges du monde, à l'enfance de l'humanité.

A une époque de beaucoup antérieure aux temps historiques, les constructeurs des énigmatiques tumuli (***mound-builders***) de l'Ohio, du Mississippi, du Tennessee, aplatissaient aussi la tête de leurs enfants nouveau-nés. C'est ce que prouvent, avec la dernière évidence, le crâne si remarquable trouvé dans le tumulus de la vallée de Scioto, dit ***Grave-creek***, et quelques autres encore.

Enfin, les premiers habitants des îles Britanniques paraissent avoir déformé la tête de leurs enfants, soit à dessein, soit sans intention, par le seul usage du ***cradle-board***, dont nous retrouvons l'analogue aujourd'hui dans quelques-unes de nos provinces. C'est là, du moins, ce qui semble résulter des observations faites sur les crânes brachycéphales trouvés dans les ***long chambered barrows*** de l'Écosse, de l'Irlande et de l'Angleterre.

Bien que cette cause doive entrer en ligne de compte et qu'elle ait donné lieu peut-être à bien des erreurs, nous nous bornerons à mentionner en passant les déformations ***posthumes***, c'est-à-dire produites sur les crânes après l'inhumation, par la seule pression du sol ou des pierres sous lesquelles le cadavre était enseveli.

De tout ce qui vient d'être dit, il faut conclure que bien des formes de crânes, prises jusqu'à présent pour des caractères ethniques, ne méritent nullement ce nom, et qu'elles ont induit en erreur des anatomistes d'ailleurs d'un grand mérite. C'est ce qui serait arrivé au docteur Morton lui-même, d'après son propre aveu. Il avait d'abord pensé, nous dit-il,

(1) Bien des physiologistes, au contraire, et nous avouons être du nombre, pensent que les déformations artificielles du crâne, portées un peu loin, influent d'une manière fâcheuse sur le développement des facultés intellectuelles.

postérieur raccourci (brachycéphales) devaient être attribués à la race conquérante des Toltèques ou Incas, qui, vers l'an 1050 de notre ère, abandonnèrent le Mexique, d'où ils avaient été chassés par la peste, puis s'emparèrent du Pérou, et se répandirent vers le sud, jusqu'au Yucatan.

D'après le même auteur, les têtes oblongues ou dolichocéphales, au contraire, auraient appartenu aux habitants primitifs du Pérou, à ceux qui occupaient ce pays avant la conquête.

Aujourd'hui, Morton voit dans ces mêmes têtes dolichocéphales des produits tout artificiels dus à la compression intentionnelle du crâne dans le sens latéral, et il admet que les Incas et les Péruviens qui les avaient précédés, descendaient d'une seule et même souche, et avaient la tête conformée de la même manière, c'est-à-dire semblable à celle de toutes les peuplades américaines (anciennes ou modernes) qui occupent le vaste espace compris entre le Canada et la Patagonie, depuis l'Atlantique jusqu'à l'océan Pacifique.

Or, la forme typique du crâne indien est, d'après Morton, éminemment brachycéphale, presque arrondie; l'occiput est aplati vers le haut, le diamètre transversal l'emportant sur le diamètre longitudinal. Front bas et fuyant, rarement arqué comme dans les autres races, caractère qui est regardé par de Humboldt, Lund et d'autres naturalistes, comme propre à la race américaine, et servant à la distinguer du type mongol.

Nott admet aussi cette caractéristique comme applicable à tous les peuples du nouveau monde. Le professeur Wilson, loin de souscrire à cette uniformité crânienne, à l'unité ethnique admise par Morton, Nott, etc., prouve par les mesures même que lui fournit l'auteur de *Crania americana*, que la dolichocéphalie est la forme prédominante, sans exclure toutefois la brachycéphalie. Il observe ces deux configurations dans des proportions variables, non-seulement chez les Péruviens, mais encore chez les Mexicains, tandis que les Hurons, les Iroquois, les Algonquins, sont presque exclusivement dolichocéphales.

Si les auteurs américains eux-mêmes, après des études approfondies sur le sujet, ayant à leur disposition des matériaux infiniment plus nombreux que ceux qu'ont pu rassembler jusqu'à présent les savants de l'Europe; si les Morton, les Nott, les Wilson, diffèrent du tout au tout lorsqu'il s'agit de fixer le type crânien de telle ou telle peuplade de l'Amérique, combien d'incertitudes, combien d'hésitations, combien d'erreurs ont dû se produire et se sont déjà produites, quand on a voulu assigner à tel ou tel groupe humain les débris souvent incomplets d'un crâne, d'une mâchoire unique trouvée dans le diluvium des cavernes, ou des vallées quaternaires du continent européen?

Toute vraie qu'elle est dans son principe et dans certaines limites, la crânioscopie de Gall et de Spürzheim a été féconde en naufrages. Je crains fort que la crânioscopie ethnologique ne s'égare plus souvent encore au milieu des écueils qu'elle rencontre à chaque pas. Les preuves abondent, vous l'avez vu: j'en citerai encore quelques-unes. On a cru pendant longtemps que tous les nègres étaient dolichocéphales. Or, les Mincopies des îles Andaman, nègres par tous les autres caractères, sont reconnus maintenant pour être franchement brachycéphales. Sur l'inspection de deux crânes basques seulement, le professeur Retzius, de Stockholm, avait décette opinion avait passé d'abord pour un article de foi scienfique. Mais voilà qu'après avoir examiné attentivement non pas deux, mais une soixantaine de crânes extraits d'un ancien cimetière de la province de Guipuzcoa, le savant secrétaire de la Société d'anthropologie affirme que la presque totalité de ces crânes sont *dolichocéphales*.

Pruner-bey et M. de Quatrefages, au contraire, disent avoir constaté chez les Basques la brachycéphalie. Qui croire? Qui a raison dans ce conflit? Notez bien qu'il s'agit simplement d'établir un fait relatif à la conformation de la tête osseuse chez un peuple encore subsistant parmi nous, et non pas d'assimiler quelques débris d'une race ancienne, peut-être éteinte, à une race actuelle et parfaitement connue. Si l'erreur a été possible dans le premier cas, à plus forte raison l'est-elle dans le second. Comme nous le verrons bientôt, cette erreur possible a réellement été commise. On avait d'abord attribué aux races primitives de l'Europe une forme de crâne exclusivement brachycéphale; les faits ont prouvé depuis que la dolichocéphalie coexistait avec la brachycéphalie. Ce ne sont donc pas là des caractères de race, et dès lors pourquoi les employer comme tels?

Nous en dirons autant de la plupart de ceux qui ont été considérés comme spécifiques. Quand on voit les races humaines passer graduellement les unes aux autres; quand des faits entièrement semblables s'observent chez nos animaux domestiques, et surtout chez les chiens, que l'on suppose provenir d'une souche commune; quand on songe que le tigre et le lion, spécifiquement bien différents, se ressemblent si fort par leur tête osseuse, qu'il est à peine possible de les distinguer par là l'un de l'autre, qui oserait soutenir encore que nos classifications des races humaines sont l'expression exacte des faits ethniques, et la réserve la plus grande n'est-elle pas commandée comme un devoir de conscience, lorsqu'on est appelé à se prononcer sur la valeur d'un *criterium* sujet à tant de mécomptes et d'erreurs?

Reste à examiner la question de savoir s'il est possible de reconnaître le type crânien propre aux premiers habitants du sol européen. Ce sera, messieurs, le sujet de notre prochain entretien.

Dr N. Joly.

VARIÉTÉS.

Les Laboratoires particuliers à Paris.

HISTOLOGIE : MM. CORNIL ET RANVIER. — PHYSIOLOGIE : M. MAREY.

En 1865, MM. Cornil et Ranvier ont fondé un laboratoire d'histologie, rue Christine, n° 2.

Il est superflu aujourd'hui d'insister sur l'utilité, sur la nécessité des études d'histologie : les progrès qu'elles ont réalisés depuis vingt ans dans toutes les branches des sciences naturelles, la médecine comprise, sont connus de tous, et c'est à peine s'il est permis, même à un membre de l'Académie de médecine, de les ignorer.

Qu'on étudie l'anatomie des tissus ou des organes, l'anatomie comparée ou celle de l'homme, on ne connaît, sans l'histologie, que la surface des choses. L'application du microscope n'est pas seulement l'intervention d'un grossissement plus considérable, c'est un tout autre moyen d'étude qui nous montre les objets par transparence, qui nous les fait connaître dans l'intimité de leur structure.

dernière analyse à cette conclusion, que tous les animaux et végétaux, tout corps qui a vie est un composé d'organites ou éléments doués eux-mêmes de la vie végétative, de la propriété de naître, de mourir et de se reproduire, la physiologie générale des êtres organisés nous apparaît comme une science tributaire de la microscopie. Le microscope est l'instrument qui nous montre tous les détails de ces modifications de nutrition et de formation des éléments, et qui nous fait assister à ces phénomènes intimes de la vie dans les corps les plus simples où elle s'individualise.

Il en est de même de la physiologie des organes. Je le demande à tout médecin, à tout savant : Comment peut-on comprendre sans l'histologie la fonction des organes, tels que le rein, les glandes, etc.? comment comprendre sans son secours les phénomènes de l'évolution des êtres, depuis la segmentation de la cellule mère de tout corps vivant, l'ovule?

Que d'ombres évanouies, que d'hypothèses reléguées aujourd'hui parmi les fables!

Ce qui est vrai en physiologie l'est aussi en pathologie, et le microscope nous démontre la parenté et les relations de ces deux états si voisins, qu'il est souvent difficile d'établir leurs limites.

Et d'abord l'expérimentation, en déterminant artificiellement des maladies chez les animaux, permet d'étudier au microscope les modifications successives des éléments, des tissus et des organes : c'est la physiologie pathologique, dont l'histologie seule peut nous donner la clef; c'est la pathologie d'évolution, l'étude des processus morbides partout où l'expérimentation peut les produire.

En pathologie générale, comme en pathologie spéciale, l'anatomie pathologique faite par l'histologie aura toujours ce caractère, de préciser les modifications éprouvées par chaque élément, par chaque tissu ou organe, dans son passage de l'état physiologique à l'état anormal; en un mot, de constituer l'anatomie pathologique d'évolution.

Ce sont ces données, comparées aux étalons fournis par la médecine expérimentale, qui doivent servir de guide dans la classification et la dénomination des maladies.

Tel est, tracé à grands traits, le rôle des études histologiques en anatomie, en physiologie et en pathologie; elles éclairent ces sciences, et les relient dans un ensemble lumineux et simplifié.

Si telle est l'importance de l'histologie, on comprendra l'utilité de la question suivante que nous posons :

Peut-on avoir une compréhension complète de l'histologie sans études pratiques?

Eh bien, nous n'hésitons pas à le déclarer, quelque bien fait que soit un cours théorique, quelque fidèles que soient les figures, ou les planches, ou les projections sur le tableau, elles ne donneront jamais que des notions insuffisantes ou même des idées fausses sur l'histologie. Il est aussi difficile, aussi ingrat et infructueux d'apprendre l'histologie sans études pratiques, que d'étudier l'ostéologie sans avoir les os sous les yeux. Ni les descriptions, ni les figures, ne peuvent remplacer la vue des objets; de même qu'on fait disséquer les élèves pour leur enseigner l'anatomie, de même il faut qu'ils examinent au microscope pour comprendre l'histologie. Cette science est en outre et avant tout une science expérimentale : procédés de préparation, usage des liquides conser-

les moyens nécessaires et variés pour arriver à une connaissance exacte. Les élèves qui commencent à se servir du microscope ont besoin d'une direction de tous les instants, sous peine de perdre des mois et des années avant de bien voir; ils doivent être dirigés dans l'ordre et la suite à donner à leurs travaux pratiques, dans les procédés de préparation, en ce qui concerne l'usage des réactifs, etc.

Nécessité d'études pratiques d'histologie, sous la direction de personnes compétentes, telle est la conclusion logique, aussi bien demandée par les élèves et leurs professeurs qu'acceptée et comprise dans les hautes régions administratives.

Et cependant il n'existe à Paris aucun laboratoire d'enseignement pour l'histologie, ni à la Faculté de médecine, ni à la Faculté des sciences, ni au Collége de France. Les laboratoires dont disposent les professeurs à la Faculté de médecine sont trop petits pour servir à autre chose qu'à leurs recherches personnelles et à celles de leurs aides. Si les excellentes intentions de M. le ministre de l'instruction publique n'ont pas encore trouvé l'occasion de se transformer en faits, nous devons rendre à l'administration des hôpitaux de Paris cette justice, que, cédant aux vœux du corps médical, elle a ouvert depuis quelques mois plusieurs laboratoires, notamment à l'amphithéâtre de Clamart. Par malheur, on n'improvise pas des directeurs de laboratoire aussi vite qu'on achète les instruments.

Le laboratoire créé par MM. Cornil et Ranvier fonctionne depuis trois ans : il est à la fois destiné aux recherches et à l'enseignement. Leur local, composé de plusieurs petites pièces et d'une grande, est l'ancien atelier d'un peintre d'histoire. Il reçoit son jour principal du nord. Comme toute pièce destinée à l'histologie, il est situé à un étage assez élevé pour que le jour puisse être pris, autant que possible, à l'horizon; le ciel bleu du zénith ne donne pas assez de lumière, et à Paris, où l'on est toujours entouré de maisons, il est impossible de se servir du microscope au rez-de-chaussée. Le nombre des élèves appliqués aux travaux pratiques n'a jamais été plus de 17; il est de 10 à 12 en moyenne, bien que le local puisse contenir facilement 25 élèves à la fois. La durée du séjour des élèves au laboratoire a été en moyenne de trois à quatre mois; plusieurs d'entre eux ont travaillé une année entière; ils se sont recrutés parmi les docteurs étrangers ou français, et parmi les internes et externes des hôpitaux. Les matériaux d'étude pour l'histologie normale sont fournis par les batraciens et petits mammifères entretenus au laboratoire; et, pour l'histologie pathologique, par les nombreuses pièces et tumeurs que les élèves du laboratoire ou que les médecins et chirurgiens des hôpitaux apportent ou envoient journellement pour les soumettre à un examen complet. Les journaux de médecine, les Sociétés savantes, sont remplis d'examens faits au laboratoire de la rue Christine, sans compter les thèses et les mémoires originaux qui en sont sortis.

Il y a plusieurs degrés dans la connaissance pratique qu'on peut avoir du microscope : il faut d'abord que les élèves puissent examiner au microscope, voir de leurs propres yeux les préparations les plus essentielles à connaître; c'est là le degré d'instruction pratique que donnent MM. Cornil et Ranvier aux nombreux auditeurs de leur cours du soir. Les objets sont dès lors fixés dans la mémoire par la vue, sa meilleure porte, et de plus les étudiants sont convaincus par eux-mêmes

que ce qu'on leur enseigne est réel et vrai. Cette confiance justifiée des élèves dans leurs maîtres est la première et l'indispensable condition de tout enseignement. Un degré plus avancé, c'est que les élèves puissent faire eux-mêmes un certain nombre de préparations. Un troisième degré, mais très-difficile à acquérir, parce qu'il tient plus aux qualités personnelles qu'à celles de l'enseignement, c'est celui qui met en état d'étudier complétement un tissu ou une tumeur, de les spécifier, de faire, en un mot, des recherches originales.

Les deux premiers degrés, tels que nous les comprenons, de l'enseignement histologique, sont réalisés dans les cours particuliers dans la majorité des universités allemandes. Le dernier y est peut-être relativement plus rare encore qu'à Paris; cela tient aux procédés mêmes de l'enseignement pratique. Ainsi, dans le cours démonstratif fait tous les deux jours par M. Virchow à Berlin, on fait passer pendant la leçon des microscopes devant les élèves sur un chemin de fer courant le long des tables. Chacun peut examiner la préparation; mais le professeur parle pendant ce temps, on écoute ou l'on regarde mal; la leçon dure une heure, et chacun des 40 ou 50 élèves qui y assistent ne peut examiner que pendant quelques secondes chaque préparation. De même, dans le cours pratique où chaque élève fait lui-même des préparations, lorsqu'il y a 30 élèves par exemple, le cours ne durant qu'une heure, le professeur ne peut consacrer que deux minutes à chacun. Ces cours sont certainement très-utiles à l'enseignement de l'histologie pathologique; mais ils ne peuvent rendre les élèves aptes à un travail personnel sérieux. C'est pour cela que MM. Cornil et Ranvier, indépendamment des démonstrations relatives à l'objet du cours, engagent les élèves du laboratoire à y travailler pratiquement, sous leur direction, pendant la plus grande partie de la journée.

Le laboratoire de physiologie du docteur Marey a été fondé en 1864.

Tandis que le laboratoire de MM. Cornil et Ranvier facilite aux étudiants toutes les manipulations d'histologie qui doivent compléter une éducation classique, le laboratoire de M. Marey est destiné plutôt à des travaux personnels sur des points spéciaux de physiologie. Il est moins fait pour l'enseignement que pour la recherche, moins pour des élèves que pour des physiologistes déjà formés. Cependant quelques jeunes gens qui s'intéressent au genre d'études du docteur Marey, décidés à appliquer plus tard les mêmes méthodes, ont rencontré chez lui l'accueil le plus libéral : il a mis ses instruments et ses appareils à leur disposition, et il leur fournit lui-même tous les renseignements et les conseils dont ils peuvent avoir besoin. Ajoutons qu'à différentes reprises, le professeur a admis dans son laboratoire ses auditeurs du Collége de France, et répété devant eux les expériences que la disposition des lieux ne lui permettait pas d'exécuter pendant la durée des cours.

On conçoit qu'une création de ce genre ne soit pas une entreprise facile pour un simple particulier. Ce n'est pas une médiocre difficulté de rencontrer au centre de Paris, dans une maison d'habitation ordinaire, un local vaste, bien éclairé, tranquille, accessible à un personnel nombreux, permettant l'entretien des animaux destinés à l'expérimentation; présentant, en un mot, l'appropriation spéciale des laboratoires officiels.

Le docteur Marey a trouvé la réunion de ces conditions diverses dans un ancien établissement public auquel se rattachent des souvenirs nationaux, et qui a une histoire : c'est l'ancienne Comédie, située dans la rue de ce nom, en face du café Procope, célèbre lui-même pour avoir été le bureau d'esprit des littérateurs du siècle passé. Le percement d'une cour, des planchers étendus d'un côté à l'autre, ont transformé cette salle de théâtre en une maison ordinaire; le haut de la scène, devenu successivement atelier de peinture et laboratoire de physiologie, abrite aujourd'hui la science, après les arts et les belles-lettres.

L'aspect de la maison, les difficultés que présente à l'ascension un escalier pittoresque, c'est-à-dire étroit et incommode, pourraient faire croire au visiteur qu'il va se trouver en présence d'une de ces officines de savant telles que la fantaisie les représente : encombrées d'in-folio poudreux, d'ustensiles aux formes bizarres, d'appareils fantastiques enveloppés d'ombre et de poussière. Ceux qui auraient conservé cette illusion la perdraient bien vite en poussant la porte et apercevant devant eux une salle spacieuse, vaste, carrée, de quarante pieds de long sur vingt pieds de hauteur, où la lumière, arrivant à flots par de larges châssis, éclaire des objets rangés avec ordre, propreté et méthode. On a compris enfin que le confort moderne, qui pénètre partout, ne devait pas s'arrêter aux demeures des savants, et que les observations scientifiques n'en sont pas moins bonnes pour être commodément faites. Aussi les laboratoires les plus récents, celui de M. Pasteur, celui de M. Jamin, à la Sorbonne, comme celui de M. Marey, se distinguent-ils par les commodités qu'ils présentent et même par une certaine recherche élégante.

Nous savons que Galilée avait établi, dans sa maison de Florence, une sorte d'atelier où lui-même, les manches retroussées comme un artisan, limant et découpant le métal, fondant le verre, exécutait les instruments qu'il avait conçus. Le progrès des arts industriels dispense les savants modernes du soin pénible de travailler de leurs mains, mais non pas de surveiller incessamment la réalisation de leurs plans. C'est pourquoi M. Marey, comme Ludwig à Leipzig, comme beaucoup d'autres professeurs, a fait établir dans son laboratoire un atelier où un mécanicien exécute les instruments d'expérience, disposition qui lui permet de modifier les appareils à mesure qu'ils se construisent ou que des difficultés se présentent.

Un des murs du laboratoire sert d'appui à une bibliothèque de médecine et de physiologie. En divers points des parois sont fixés des graphiques, dont chacun exprime d'une manière saisissante et avec une exactitude parfaite les résultats d'une expérience physiologique ou de l'étude d'un malade faites au moyen des appareils de l'auteur. Les différentes formes du pouls, des battements du cœur ou des mouvements respiratoires, l'influence des différents poisons sur les muscles et les nerfs, l'absorption des gaz, les variations de la température, etc., tous ces phénomènes si variés dans leur nature s'enregistrent d'eux-mêmes au moyen des appareils de M. Marey, et fournissent la riche collection qui s'étale sur les murs du laboratoire. Cette exhibition scientifique se retrouve ailleurs très-commodément établie au moyen d'une disposition employée par les Anglais à l'Exposition universelle, pour montrer sans fatigue au spectateur les spécimens des différents sites et monuments de l'Inde. Ces dessins sont classés dans des châssis vitrés disposés comme les feuillets d'un livre autour d'une colonne pivotante, en sorte que l'observateur, immobile, peut faire défiler devant lui une succession

considérable.

De grandes vitrines de sapin enferment à l'abri de la poussière les appareils physiologiques dont se sert le docteur Marey, et que les lecteurs de cette revue connaissent déjà. Ici, les régulateurs de Foucault, les cylindres tournants sur lesquels s'enregistrent les tracés, l'appareil destiné à la mesure de l'activité respiratoire, le spiromètre, le cardiographe, l'enregistreur du pouls ou sphygmographe, celui des températures ou thermographe, et d'autres dont le nombre s'accroît chaque jour. Une armoire spéciale renferme les instruments pour l'étude de l'électricité animale, les piles, les rhéostats, les interrupteurs, les coussinets que du Bois-Reymond emploie à Berlin, le galvanomètre de vingt-deux mille tours, avec lequel M. Marey et M. Gavarret, professeur à la Faculté de médecine, ont répété les expériences relatives à l'électrotonus.

Il n'y a pas d'instant de la journée où quelqu'un de ces appareils ne soit en expérience. A l'époque où nous avons visité le laboratoire, un myographe disposé sur une petite table enregistrait de lui-même, et d'une manière permanente, les contractions musculaires d'une grenouille. Le professeur, occupé d'autre part, venait de temps à autre jeter un coup d'œil sur l'appareil et constater la régularité de sa marche. La grenouille, empoisonnée par quelqu'un de ces toxiques végétaux tels que la strychnine, la vératrine, la codéine, la coca, donnait une forme de contraction différente et caractéristique pour chacun d'eux, en sorte que l'on avait dans ces graphiques les réactifs révélateurs des différents poisons.

Dans le fond du laboratoire, on aperçoit les grandes cloches où l'on peut enfermer des animaux pour leur faire respirer des gaz de différentes natures. Ces animaux que l'on soumet aux expériences sont des mammifères de petite taille : des lapins, des rats, des cochons d'Inde ; ou des oiseaux, des canards, des poules, ou des tortues qui vivent dans le laboratoire, ou des poissons que l'on peut conserver vivants dans le petit aquarium. Cette ménagerie ne serait pas complète si l'on n'y voyait quelques grenouilles, inséparables compagnes et éternels *souffre-douleur* du physiologiste. Il y en a de deux nationalités : les unes d'origine allemande, les autres françaises; et elles sont bien faciles à distinguer, car les premières ont deux à trois fois la taille et la vigueur des nôtres, comme si, en fait de physiologie, l'Allemagne devait garder sa supériorité jusque dans la production des matières premières.

Toutefois, malgré la riche dotation de ses établissements scientifiques, l'Allemagne n'a pas dédaigné le laboratoire particulier de la rue de l'Ancienne-Comédie; les plus illustres représentants de la physiologie étrangère, Helmholtz, Valentin, Donders, Kölliker, Czermak, Brücke, Virchow, etc., etc., sont venus applaudir aux efforts de notre compatriote; la plupart d'entre eux ont adopté avec empressement l'emploi des appareils dont il a enrichi la physiologie.

M. le ministre de l'instruction publique a récemment honoré de sa visite le laboratoire de M. Marey; il a paru s'intéresser vivement aux expériences dont il a été témoin. Bien des fois déjà notre ministre a rendu de pareils témoignages à la science et aux savants. Ne sommes-nous pas en droit d'espérer que l'enseignement supérieur trouvera enfin auprès de Son Excellence un peu de cette sollicitude effective dont l'enseignement primaire a déjà tant profité? S'il y avait à Paris beaucoup de laboratoires comme ceux dont nous parlons, beaucoup d'hommes ayant autant d'initiative moins malade, et nous n'aurions pas entendu les cris d'alarme que nous entendons maintenant.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

M. Chéron. — *Des conditions anatomiques de la production des actions réflexes.* — Chez les Céphalopodes, l'étude histologique des ganglions palléaux permet de reconnaître qu'il n'existe dans ces organes que des cellules unipolaires. Les unes sont plus petites et placées au centre, elles reçoivent une partie des fibres du nerf palléal. Les autres ont un volume beaucoup plus considérable, et sont disposées à la périphérie, le pôle dirigé vers le centre, où il se continue avec les fibres qui s'échappent du ganglion en divergeant, pour renforcer les fibres du nerf palléal qui traversent le ganglion.

Le nerf palléal, chez la Sèche, se divise en deux branches avant d'arriver au ganglion. L'une pénètre jusqu'au centre de ce dernier; arrivé en ce point, une partie de ses fibres se terminent dans les petites cellules dont je viens de parler; les autres se portent en divergeant hors du ganglion, et s'accolent à celles qui émergent des grandes cellules périphériques. L'autre branche longe le bord externe du même ganglion : arrivée au niveau de l'angle postérieur, elle s'anastomose avec une branche nerveuse émanée de ce même organe. A ce point de réunion, il existe un petit renflement ganglionnaire qui ne renferme que des cellules bipolaires allongées, sur le trajet des fibres du palléal qui vont former le nerf récurrent de la nageoire, lequel se distribue tant à cet organe qu'à la partie antérieure du corps.

Les ganglions des bras, que l'on peut observer si facilement chez l'Élédone et chez le Poulpe, renferment des cellules bipolaires et tripolaires dans leur partie périphérique; dans la masse centrale on n'observe plus que des cellules unipolaires placées régulièrement les unes à côté des autres et dont le pôle est dirigé vers le centre du ganglion, lequel centre est composé de matière granulaire amorphe et de noyaux parmi lesquels on voit encore quelques cellules.

La composition histologique des ganglions que je viens de décrire présente donc cette différence que les uns ne contiennent que des cellules unipolaires, et que les autres, au contraire, avec des cellules unipolaires, renferment des cellules bipolaires et tripolaires.

Or, si l'on excite, par les différents moyens employés en physiologie, les rameaux nerveux qui émergent des ganglions palléaux ou les parties auxquelles ils se distribuent, aucun mouvement ne répond à cette excitation ; ces ganglions ne sont point des centres d'actions réflexes.

Dans les bras, au contraire, il suffit de pincer la peau pour voir des mouvements s'effectuer dans l'organe excité, et la peau qui le recouvre présenter un jeu très-actif des chromatopores; ces mouvements et ces changements de coloration s'effectuent alors même que le bras est séparé du corps; il ne saurait donc y avoir de doute à cet égard : les ganglions des bras des Céphalopodes sont bien des centres d'actions réflexes. Il en est de même pour le ganglion qui est placé au-dessous du nerf palléal chez la Sèche.

Je connaissais la structure des ganglions que je viens de décrire; j'avais vu les cellules unipolaires que contiennent les uns et les cellules multipolaires que contiennent les autres, alors que je n'avais pas encore constaté l'existence des actions réflexes dont les ganglions des bras sont le siége, et le résultat négatif que donnent, sous ce rapport, les ganglions palléaux. Mon attention une fois éveillée sur ce point, j'ai fait de nouveau l'histologie des ganglions dont je viens de parler, et mes résultats ont été les mêmes que ceux que j'avais donnés dans mon mémoire sur l'anatomie du système nerveux des Céphalopodes dibranchiaux.

Des faits exposés dans ce travail, l'auteur croit pouvoir conclure que l'existence des cellules unipolaires, du moins chez les Céphalopodes, ne saurait être attribuée au mode de préparation; que ces cellules étant les origines de fibres nouvelles, alors que celles qui pénètrent dans le ganglion seraient insuffisantes à innerver les parties auxquelles le ganglion doit distribuer ses filets, ces cellules doivent être considérées comme des cellules de renforcement et en porter le nom. Enfin, les ganglions qui contiennent des cellules à deux, trois ou un plus grand nombre de pôles, étant le siége d'actions réflexes, tandis que ceux qui ne renferment que des cellules unipolaires ne sont jamais le centre de semblables phénomènes physiologiques, la condition anatomique de la production des actions réflexes est l'existence de la cellule multipolaire dans les centres où ces actions se produiraient.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 24 — 16 MAI 1868

Paris, 15 mai 1868.

Les accusations contre la Faculté de médecine.

Dans quelques jours le Sénat va commencer la discussion de la pétition qui accuse de matérialisme la Faculté de médecine de Paris, et réclame la liberté de l'enseignement supérieur pour soustraire les élèves à l'influence des professeurs actuels. Nous ne pouvons entrer sur le terrain politique où le débat va s'établir dans la haute assemblée ; mais il nous est permis au moins d'examiner le côté scientifique de la question.

Les pétitionnaires invoquent trois faits seulement pour établir que la Faculté de médecine enseigne publiquement le matérialisme.

Premier fait : Un professeur a dit que « là où croît l'aisance s'accroît aussi la sollicitude paternelle, en vertu de laquelle on ménage le nombre de ses enfants. » Il est vrai que cela a été dit, mais ce n'est pas à la Faculté de médecine, c'est à l'Académie de médecine, dans la discussion sur le mouvement de la population en France. La Faculté n'a donc rien à y voir. D'ailleurs nos lecteurs, qui connaissent déjà cette phrase, puisque nous avons reproduit *in extenso*, l'année dernière, toute la discussion, seront bien étonnés d'apprendre qu'il y ait là une profession de foi matérialiste. Il s'agissait d'expliquer pourquoi la fécondité des mariages diminuait de plus en plus en France, tandis qu'elle était bien supérieure dans un pays protestant comme la Prusse. L'orateur voit dans ce fait une preuve de l'accroissement de l'aisance parmi nous. Celui qui possède une certaine fortune désire conserver à ses enfants la position qu'il a lui-même, et il faut pour cela qu'il n'en ait pas une douzaine. Au contraire, celui qui ne possède rien ne peut avoir une semblable préoccupation. Voilà pourquoi on a dit depuis longtemps que la misère est prolifère. Peut-on trouver dans cela la moindre idée blessante ?

Second fait : Un médecin de la Salpêtrière se serait moqué d'une femme qui portait une médaille de la Vierge. Encore une accusation qui ne peut concerner la Faculté de médecine. Du reste, le fait a été formellement démenti, et les noms des pétitionnaires montrent assez qu'aucun d'eux n'avait dû aller à la Salpêtrière pour s'informer de ce qui s'y passait. Mais enfin voudrait-on qu'un médecin trouvât très-raisonnable de remplacer les remèdes qu'il ordonne par une médaille ou par une prière ?

Troisième fait : Un professeur de la Faculté de médecine aurait dit : « La matière est le dieu des savants... Si le singe a une âme, l'homme en a une aussi ; sinon, non... La substance nerveuse a pour propriété la pensée, et quand elle meurt, celle-ci n'ira pas retrouver une seconde vie dans un monde meilleur. » Cette fois il s'agit bien de la Faculté de médecine; mais quand on a entendu cinq minutes le professeur ici désigné, on reconnaît au style que jamais de pareilles phrases n'ont pu sortir de sa bouche. Aussi les a-t-il énergiquement démenties, et nos lecteurs, qui ont eu plusieurs fois déjà sous les yeux des leçons écrites par lui, n'y ont jamais trouvé ni de déclamations matérialistes, ni de phrases ridiculement pompeuses comme celles qu'on lui impute. Si l'on voulait accuser les professeurs de la Faculté de médecine, pourquoi ne pas prendre leurs écrits, qui ne sont pas rares? Citer au lieu de cela des phrases falsifiées de leurs cours oraux, n'est-ce pas montrer qu'on veut se réserver le moyen de ne pas pouvoir être convaincu d'altérer la vérité ?

Maintenant cela veut-il dire que certains professeurs ne soient pas matérialistes? Vous n'avez pas le droit de faire une enquête sur leurs opinions, qui sont parfaitement libres ; il s'agit seulement de leurs actes comme professeurs, de leur enseignement. A ce point de vue, tout ce qu'on doit leur demander, c'est de ne pas transformer, comme le disent les pétitionnaires eux-mêmes, une chaire de thérapeutique en une chaire de philosophie. Mais qui a jamais prétendu qu'un professeur de thérapeutique ou de chimie se dispensait d'enseigner la chimie ou la thérapeutique pour s'ériger en philosophe ?

Comme conclusion, les pétitionnaires demandent la liberté de l'enseignement supérieur. Ils paraissent donc ignorer que si cette liberté n'existe pas pour les autres Facultés, elle existe en fait pour la Faculté de médecine. L'État fournit même un local aux professeurs libres, car tous les docteurs qui le demandent reçoivent l'autorisation de faire un cours à l'École pratique. Il est vrai que les examens doivent être faits par les professeurs de l'État. Mais les pétitionnaires eux-mêmes déclarent formellement que cette exigence est légitime. Quant aux inscriptions, c'est tout simplement un impôt qui n'oblige aucunement à suivre les cours de la Faculté. — Enfin, il faut être bien peu au courant des opinions du monde médical, pour ignorer que si le matérialisme a des apôtres ardents et convaincus, c'est parmi les professeurs libres.

Après la pétition dont nous venons de parler, est venue la brochure de M. Dupanloup. Ici nous ne pouvons tout relever, car il n'est peut-être pas un seul fait qui soit exact. Citons au hasard.

M. Dupanloup invoque contre la Faculté de médecine les *Leçons sur la physiologie du système nerveux* de M. Vulpian ; il les avait entre les mains, puisqu'il en tronque beaucoup de passages ; or, il lisait en toutes lettres sur le titre qu'elles avaient été faites au Muséum d'histoire naturelle. Quant aux

citations faites par M. Dupanloup, ou elles sont absolument insignifiantes au point de vue du litige, ou elles ont été disposées de manière à fausser complétement leur sens. Nos lecteurs peuvent, du reste, se reporter aux leçons sur l'instinct et l'intelligence, d'où elles sont tirées (deuxième année, 1865), et ils verront qu'il y a là tout simplement la discussion de faits scientifiques, sans aucune trace de prédication matérialiste.

Autre exemple. L'auteur d'une thèse sur la folie remarque qu'elle consiste souvent dans la conception de certaines hypothèses, et il examine en quoi ces hypothèses diffèrent de celles que font tous les jours les hommes sensés, par exemple, dans les sciences. Il est ainsi amené à raconter l'histoire d'un fou qui, confondant le mouvement avec la vie, accordait aux locomotives des passions et des volontés, et ajoute que cette hypothèse « ne peut être faite que par un fou ». M. Dupanloup, le croirait-on, en conclut (page 42) que l'auteur de la thèse reconnait des passions aux locomotives !

Les citations de M. Dupanloup sont presque toutes aussi exactes que celles-là, et quand on lui voit attribuer à un savant telle ou telle doctrine, il devient assez vraisemblable que ce savant a défendu l'opinion opposée. C'est ainsi qu'il reproche à Darwin et à M. Robin la théorie de l'origine simienne de l'homme, que le premier n'a jamais professée, et que le second a toujours combattue.

Du reste, il ignore les premiers principes des sciences qu'il attaque, et commet ainsi les confusions les plus étranges. Citons un seul exemple. M. Vulpian consacre sa quatorzième leçon *sur la physiologie du système nerveux* à combattre l'hypothèse du principe vital, dont il prétend démontrer « l'inanité d'une façon très-nette ». Pour M. Dupanloup (page 41), le principe vital, c'est l'âme, dont M. Vulpian se trouve ainsi démontrer l'inanité ! Ici M. Dupanloup n'ignore pas seulement la physiologie, il semble avoir oublié aussi les éléments de la philosophie, car on apprend dès le collége à distinguer l'âme du principe vital.

La conclusion à tirer de tout ceci, c'est que la science, en se renfermant dans son domaine, doit rester indépendante. Elle doit chercher la vérité sans en tirer des conséquences philosophiques pour lesquelles elle est incompétente, mais sans qu'on ait le droit de l'arrêter, en lui disant que ses découvertes ne paraissent pas conformes à telle ou telle théorie philosophique. Avec la doctrine des pétitionnaires, il n'y a plus de science possible. On a vu, en effet, qu'ils ne permettraient même pas de dire que les gens aisés ménagent le nombre de leurs enfants ; et que M. Dupanloup anathématise comme matérialistes tous ceux qui ne croient plus au principe vital. Que sera-ce si l'on dit dans un cours que la volition ou le sentiment réside dans les cellules de la substance grise cérébrale, et que la substance blanche ne sert qu'à la transmettre ? Cependant n'est-ce pas là une question essentiellement physiologique, et faut-il avoir l'esprit bien subtil pour montrer qu'elle est étrangère à toutes les controverses philosophiques ? N'est-il pas évident, même pour les spiritualistes les plus avancés, que l'âme a un organe matériel ? L'étude de cet organe, comme de tous les autres, appartient donc au physiologiste.

MUSÉUM ROYAL DE FLORENCE.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DES CORPS VIVANTS.

COURS DE M. CH. MATTEUCCI
(correspondant de l'Institut).

L'Électro-physiologie.

I

SOMMAIRE. — Distinction entre les phénomènes électriques qui se produisent dans les matières animales ou végétales indépendamment de l'état de vie et les phénomènes électro-physiologiques proprement dits. — Exemples. — Structure et propriétés physiologiques des nerfs et des muscles. — Mesure de la contraction musculaire excitée par l'électricité. — Durée de la contraction. — Vitesse de propagation de l'agent nerveux. — Temps nécessaire pour exciter un nerf par l'électricité. — — Considérations théoriques sur les contractions musculaires.

Avant d'entrer vraiment en matière, c'est-à-dire avant de vous exposer, avec toute la rigueur possible dans des phénomènes de cette nature, les lois de l'électro-physiologie, je crois devoir vous parler de quelques effets produits par l'électricité dans les animaux ou les végétaux, ou dans des corps qui ont appartenu à des animaux ou à des végétaux, effets qui ne doivent pas être compris dans ce cours parce qu'ils sont tout à fait indépendants de l'état de vie des corps eux-mêmes.

Dans quelques livres de physique ou de physiologie qui ne sont pas des plus récents, vous trouverez encore énumérées, parmi les phénomènes d'électricité animale ou végétale, les propriétés électriques qui se développent, surtout dans les saisons froides et sèches, lorsqu'on caresse un chat avec la main, qu'on passe un peigne dans les cheveux, ou qu'on ôte des bas de soie. Dans ces circonstances on voit les signes de la lumière électrique, on entend le crépitement des étincelles ; les cheveux, les poils du chat se hérissent comme s'ils se repoussaient mutuellement. Évidemment ces phénomènes, quand on se trouve dans les conditions qui empêchent l'électricité de se dissiper dans l'air, rentrent dans le cas général de l'électricité développée par le frottement ; ils se produiraient et se produisent sur les animaux morts, sur la peau du chat détachée du corps comme sur le chat vivant.

On a aussi parlé beaucoup, dans les anciens ouvrages sur l'électricité, des effets de l'électricité sur la végétation, et Vassali-Eandi, professeur de physique à Turin dans le dernier siècle, a décrit les expériences faites pour démontrer que les semences mises pendant un certain temps en communication avec le conducteur de la machine électrique, et ainsi électrisées ou soumises à l'influence de l'air électrisé par les étincelles, germaient beaucoup plus facilement que si on les abandonnait à elles-mêmes. Aujourd'hui que l'on sait qu'une atmosphère de gaz oxygène, surtout si elle renferme de l'ozone, favorise la germination, il n'est pas difficile d'expliquer les expériences de Vassali.

Le célèbre Davy crut trouver dans le courant électrique, et surtout au pôle négatif de la pile, une action favorable à la germination. L'expérience se fait, ainsi que vous le voyez ici, en étendant une feuille de carton ou un morceau de drap sur un grand plat de verre ou de faïence, en maintenant ce carton ou ce drap imbibé d'eau commune ou très-légèrement salée, et en y répandant des graines de moutarde, de lentilles, de blé. On met alors les deux électrodes de platine de la pile en contact avec les extrémités de ce carton ou

de manière à décomposer légèrement le liquide. Si l'on fait durer l'expérience trois ou quatre jours, suivant la saison ou la température, on verra les graines les plus rapprochées du pôle négatif germer les premières, puis ensuite celles du milieu, et enfin, avec un retard considérable, celles du pôle positif. Je n'ai pas besoin de vous dire qu'autour du pôle négatif se développent, par l'effet du courant, les oxydes, et par suite des traces de potasse, de chaux, provenant des sels en dissolution dans l'eau, tandis qu'autour de l'autre pôle se dégagent les acides. Or, comme l'action chimique des bases favorise la transformation de l'amidon en dextrine et en sucre nécessaire pour la germination, tandis que la présence d'un acide arrête cette transformation, on s'explique l'effet indirect produit par le courant. Il peut arriver au contraire, et cela s'est vu, en employant pour imbiber les semences une eau pure de sels, de manière que le passage du courant produise seulement de l'hydrogène à l'électrode négatif et de l'oxygène au positif, que la germination soit favorisée au pôle positif par l'oxygène et l'ozone qui s'y dégagent.

Je ne m'arrêterai pas à vous parler des effets obtenus en faisant passer un courant électrique à travers un blanc d'œuf, qui se coagule autour des pôles, soit par échauffement, soit par l'action chimique des alcalis, et surtout par celle des acides qui se dégagent autour des pôles. Je ne m'occuperai pas non plus de l'action produite par un fort courant électrique ou par la décharge d'une bouteille de Leyde, et qui détruit le mouvement observé dans les granulations d'un fragment de *chara*. Enfin je rappellerai, parmi les phénomènes qu'on mettrait sur le compte de l'électro-physiologie, les courants électriques que l'on obtient en touchant avec l'extrémité d'un bon galvanomètre la peau couverte de sueur, la langue, ou même les parties internes de l'estomac et le pancréas ou le foie sur un animal vivant. Ces courants ont évidemment une origine chimique, et il m'est facile de vous le démontrer en trempant les extrémités du galvanomètre, l'une dans une solution de potasse, l'autre dans une solution d'acide nitrique, puis en les immergeant ensemble dans l'eau. En somme, la peau et l'estomac agissent dans ces expériences parce qu'ils sont naturellement imbibés d'un liquide acide, et le pancréas, le foie et la langue parce qu'ils contiennent un liquide alcalin.

Tous ces phénomènes et d'autres analogues ne sont pas des phénomènes électro-physiologiques, et n'ont pas besoin, pour se produire, que les matières où ils se montrent soient actuellement vivantes.

Les phénomènes électro-physiologiques dont nous nous occuperons dans la première partie de ce cours, sont les effets produits par l'électricité sur les muscles et les nerfs des animaux vivants ; dans la seconde partie, nous traiterons de l'électricité développée par l'organisme vivant.

Pour rendre plus facile l'exposition des phénomènes électro-physiologiques, je vous demande la permission de parler très-brièvement, et comme le peut faire un physicien, de la structure et des propriétés physiologiques bien constatées des nerfs et des muscles.

Les éléments constitutifs ou histologiques, comme on les appelle, des nerfs et des centres nerveux, c'est-à-dire du cerveau et de la moelle épinière, sont les *cellules nerveuses* et les *tubes nerveux* ou *fibres nerveuses primitives*. Les cellules

des corpuscules très-petits, de formes diverses, dont quelques-uns ont deux ou trois, ou même un plus grand nombre d'appendices ou pointes qui se transforment en tubes nerveux, et renferment à l'intérieur un noyau d'une petitesse extrême. Les tubes nerveux consistent en une enveloppe extérieure très-fine, espèce de gaîne à l'intérieur de laquelle se trouve une substance blanche, visqueuse, de nature grasse ; et dans le centre ou axe du tube, il y a une fibre centrale ou cylindre de l'axe découverte par Purkinje. Les fibres ou tubes nerveux partent des cellules des centres nerveux, sortent du cerveau et de la moelle épinière sans se diviser, et parcourent ainsi de longues distances ; et c'est seulement quand les nerfs sont arrivés aux muscles et aux organes des sens qu'ils se partagent et se ramifient en devenant de plus en plus fins, perdant quelquefois leur gaîne extérieure et ne conservant que le filament central, et dans d'autres cas, comme les nerfs des sens, se transformant en petits appendices ou renflements qui enveloppent l'extrémité du filament nerveux.

Tout le monde sait qu'une excitation quelconque, mécanique, physique ou chimique, appliquée à un nerf d'un animal vivant, produit presque instantanément la contraction du muscle dans lequel le nerf se ramifie, et éveille une sensation de douleur. De cette expérience vulgaire on a conclu que les nerfs transmettent cette excitation d'un côté aux centres nerveux et de l'autre aux muscles, et je pourrais vous montrer, par des expériences bien élémentaires, que la condition essentielle de cette transmission est l'intégrité du nerf. Il suffit, pour le prouver, de lier un nerf avec un fil, de le comprimer par un petit poids posé dessus, de le couper pour en réunir exactement les extrémités : alors la transmission des effets de l'excitation cesse immédiatement vers les muscles, si cette altération a lieu entre le corps excitant et le muscle ; vers le centre nerveux, si l'altération arrive entre le corps stimulant et le cerveau.

Ce fait suffirait à démontrer combien était peu fondée l'analogie (à laquelle nous a si souvent portés l'imagination) qu'on avait voulu établir entre l'électricité et l'agent encore inconnu des phénomènes nerveux. On sait que ces altérations mécaniques n'empêchent pas du tout la propagation de l'électricité dans les nerfs, non plus que dans les autres corps conducteurs. Peut-être, dans le cours de ces leçons, nous apprendrons, par une belle expérience d'Helmholtz, à mesurer la vitesse de propagation de l'élément nerveux ; nous verrons que cette vitesse est énormément plus faible que celle de l'électricité et de la lumière, et qu'elle approche de celle avec laquelle une pression se propage d'un point à un autre dans une colonne d'air ou d'eau. Nous serons donc beaucoup plus fondés à assimiler, par rapport à la propagation des excitations, un nerf vivant à ce tube de plomb de plusieurs mètres de longueur que vous voyez, qui, d'une part, se termine par une bourse de gutta-percha que je presse du doigt, et de l'autre par une autre bourse semblable mise en contact avec une sorte de clochette, qu'à comparer ce même nerf au fil de fer qui transmet les dépêches télégraphiques.

Cependant les nerfs soumis à une excitation n'éveillent pas tous en même temps la contraction musculaire et la sensation. Nous devons à Charles Bell la plus grande découverte de physiologie expérimentale faite en ce siècle, et qui consiste à avoir trouvé que les nerfs qui forment les racines an-

térieures de la moelle épinière, irrités ou excités d'une façon quelconque, n'éveillent jamais de douleur, mais provoquent seulement des contractions musculaires, tandis que les racines postérieures produisent seulement, à la suite de l'irritation, la douleur et non la contraction : c'est pourquoi on appelle racines ou fibres motrices les racines antérieures, et les autres se nomment sensitives. Les nerfs des sens sont aussi nommés nerfs spécifiques, parce qu'ils ne servent qu'à la fonction de l'organe où ils aboutissent. Les nerfs qui, par suite d'une excitation, produisent à la fois contraction et douleur, se nomment mixtes; ils donnent aux différentes parties du corps la double fonction dont elles ont besoin dans la vie.

Je vous rappellerai encore l'existence d'un système de nerfs en quelque façon distinct des nerfs dont nous venons de nous occuper, et que les anatomistes appellent *système sympathique* ou *ganglionnaire*. Il se compose aussi de fibres motrices et de fibres sensitives qui, sur leur trajet, pénètrent dans de petites masses de cellules nerveuses nommées *ganglions*, qui semblent destinées à ralentir et à distribuer diversement l'action de l'agent nerveux, et à agir particulièrement sur les muscles des parois des vaisseaux sanguins et sur les organes des sécrétions.

Quant aux effets que produit dans les fonctions du cerveau et des muscles l'interruption de l'arrivée et du contact du sang artériel, on doit dire que l'agent nerveux ne s'éveille et ne travaille que moyennant un renouvellement physique et chimique continuel de ses parties. En effet, on voit cesser entièrement et reparaître ces fonctions selon que le sang est ou n'est pas présent. Si, d'un autre côté, on considère que, dans les animaux morts d'inanition, les nerfs, la moelle épinière, le cerveau, sont presque intacts en quantité et en qualité, on devra croire que la nutrition des nerfs est aussi lente que possible; de sorte qu'ils peuvent se comparer aux fils métalliques qui ferment le circuit d'une pile, lesquels se trouvent sans altération après que la pile a cessé d'agir, faute de zinc ou de liquides acides.

Mais nous devons bien nous garder de nous avancer témérairement dans ces routes encore trop obscures, où la lumière de l'expérience ne peut pénétrer qu'avec beaucoup de lenteur. Ce qui est certain, c'est que l'action de l'oxygène et le sang artériel sont nécessaires au cerveau et aux muscles, c'est-à-dire à l'endroit où les fibres nerveuses se terminent et où s'exercent les fonctions de ces organes. On peut encore admettre que les filaments nerveux destinés uniquement à la transmission d'un mouvement vibratoire quelconque de la matière des nerfs n'ont besoin de sang que pour conserver, comme toutes les autres parties du corps, une certaine intégrité de structure et de composition.

Parlons à présent très-sommairement de la structure et des propriétés physiologiques des muscles. Le tissu musculaire est composé de *fibres* ou faisceaux musculaires primitifs, dont chacun a une couche fine élastique appelée par les anatomistes *sarcolemme*, qui l'enveloppe. Chaque fibre est composée d'une foule de fibrilles extrêmement déliées qui présentent généralement dans le sens de leur largeur une série régulière de renflements, de sorte qu'on les dirait formées de petits fragments placés les uns à côté des autres, ce qui donne aux muscles une apparence striée. Les anatomistes distinguent aussi les fibres lisses, dans lesquelles les stries seraient au contraire dans le sens de la longueur. On a cru quelque temps qu'une fibre musculaire pouvait se décomposer en une foule de particules primitives superposées comme les éléments d'une pile. Aujourd'hui cette idée est généralement abandonnée, et l'on admet que cette apparence provient du traitement qu'on fait subir aux muscles pour les examiner au microscope, et que les stries transversales sont un effet des propriétés différentes que possèdent, pour transmettre la lumière, la substance musculaire et la substance cellulaire juxtaposées.

Les fibres nerveuses, en arrivant au contact des muscles, pénètrent à l'intérieur des faisceaux, s'étendent sur leur superficie, deviennent de plus en plus fines, et l'on voit ce qu'on nomme les *fibres élémentaires des nerfs* dépouillées de leur gaîne, se partager en deux et même en trois, jusqu'à ce que les instruments même les plus parfaits ne puissent nous les faire voir, tant elles sont déliées. Le dernier résultat auquel est arrivée l'anatomie microscopique serait que la distribution des nerfs dans les muscles n'est pas telle que chaque fibrille, ou élément musculaire, soit pourvue de son filament nerveux. Les observations récentes les plus exactes nous apprennent aussi qu'il y a certaines parties de muscles richement pourvues de nerfs, tandis que dans d'autres il n'existe que de petits fragments presque imperceptibles. On a vu, dans un muscle composé de 160 à 180 fibres musculaires, pénétrer sept, huit, dix tubes nerveux qui se divisaient successivement en produisant un nombre d'extrémités libres estimé de 290 à 340. Évidemment, si ce résultat était général, il s'ensuivrait que chaque fibre musculaire, dans certains muscles, reçoit plus d'une extrémité nerveuse.

La matière du muscle agit sur l'air atmosphérique pour en absorber l'oxygène et produire de l'acide carbonique, qui en partie s'exhale, en partie pénètre la fibre musculaire. Nous verrons plus tard que cette action du muscle sur l'air augmente dans la contraction, qu'alors la quantité d'oxygène absorbé et celle de l'acide carbonique exhalé croissent considérablement. Évidemment, le muscle perd et transforme une partie de la substance lorsqu'il travaille, et l'on sait qu'en se contractant, outre l'acide carbonique, le muscle se charge d'une substance acide fixe qu'on ne peut lui enlever en le mettant dans le vide ou dans le gaz hydrogène. La présence du sang artériel et de l'oxygène, qui pénètre avec lui dans les fibrilles musculaires, est nécessaire pour maintenir la contractilité du muscle. Il suffit de lier ou de comprimer une artère, ou de tenir quelque temps le muscle dans un gaz qui ne contienne pas d'oxygène, pour y produire la paralysie et lui ôter la propriété de se contracter.

On a cherché à déterminer les changements physiques que produisait dans le muscle l'acte de la contraction. On voit, même à l'œil nu, que le muscle, en se contractant, s'enfle et se raccourcit. Si l'on suspend des grenouilles préparées dans un vase plein d'eau exactement fermé par un obturateur à travers lequel passe un tube fin de verre, et que l'on force les grenouilles à se contracter par le passage intermittent d'un courant électrique très-faible, on observe que le niveau de l'eau dans le tube ne change pas sensiblement : d'où l'on conclut que le volume du muscle ne change pas sous l'influence de la contraction.

Un fait remarquable, c'est qu'en faisant contracter un muscle, par exemple le gastrocnémien d'une grenouille, par la décharge d'une forte bouteille de Leyde, ce muscle se raccourcit de 4 ou 5 millimètres, c'est-à-dire d'un tiers environ de sa longueur, et que souvent il ne reprend plus ses dimen-

du muscle il existe une force de cohésion qui lutte constamment durant la vie contre une force qui tient ces éléments séparés, et que cette dernière force, une fois vaincue ou détruite par le passage violent de l'électricité, laisse la première entièrement libre d'agir.

Laissant de côté cette hypothèse, je vous parlerai plutôt des expériences faites pour décider si les fibrilles musculaires ont la propriété de se contracter indépendamment de l'influence des nerfs. A première vue, l'expérience paraît presque impossible, quand on pense que, quelque soin qu'on prenne pour priver un muscle de ses fibres nerveuses, on ne peut jamais espérer d'y parvenir complétement.

Les physiologistes ont pourtant trouvé des poisons dont l'action éclaircit suffisamment cette question. On sait aujourd'hui qu'une grenouille empoisonnée avec du *curare*, c'est-à-dire complétement paralysée, et qui reste insensible aux excitations dans toutes les parties de son corps, à l'exception d'un membre qui, par une ligature des vaisseaux, a été préservé de l'empoisonnement, — que cette grenouille, dis-je, préparée de manière qu'on puisse à volonté faire passer un courant électrique par les muscles et par les nerfs, ne donne plus aucun signe de contraction quand on agit sur les nerfs, tandis que les muscles se contractent encore s'ils sont irrités directement. Évidemment, il résulte de cette expérience que l'empoisonnement par le curare détruit l'action des nerfs moteurs; mais cependant il n'est pas certain que les dernières extrémités de ces nerfs, les fibres élémentaires et privées de moelle qui se ramifient dans les muscles, aient cessé d'agir. Vous voyez, au contraire, qu'en faisant passer le courant dans le membre entier de la grenouille empoisonnée avec le curare, on a encore une certaine contraction du membre lui-même, ce qui peut faire supposer que l'action des derniers filaments nerveux intervient dans cet effet. Mais des expériences récentes, faites en empoisonnant les grenouilles par l'injection d'une solution d'atropine ou d'acide hydrocyanique dans leurs vaisseaux, prouvent que, dans une grenouille tuée de cette façon, il n'y a plus aucun effet de contractilité qui se puisse attribuer aux nerfs. En effet, ce ne sont pas seulement les gros filaments nerveux que l'on rend insensibles par ces empoisonnements; mais on ne parvient plus à obtenir une contraction du membre entier lorsqu'il est traversé par le courant électrique, et l'on n'obtient plus qu'un plissement de la substance musculaire sur les points irrités par l'électricité.

On a cependant observé que des grenouilles mortes depuis deux et trois jours, surtout dans une saison froide et sèche, conservent encore dans leurs muscles la propriété de se contracter sous l'action de l'électricité, tandis qu'on n'obtenait plus aucun signe de contraction en faisant agir le courant sur les nerfs ou sur les membres entiers.

On peut donc tenir pour démontré ce qui était admis depuis Haller, à savoir que les muscles ont la propriété que ce physiologiste appelait l'*irritabilité musculaire*, c'est-à-dire la propriété, dans leurs éléments histologiques, de se contracter, propriété éveillée par l'excitation des nerfs qui, se ramifiant dans un grand nombre de fibres musculaires, peuvent par là exciter la contraction dans un grand nombre de ces fibres en même temps.

Et ici il me paraît à propos de vous rappeler un fait qui intéresse fort la théorie des fonctions des nerfs et des muscles.

vivant le nerf ischiatique d'une cuisse, pour pouvoir ainsi comparer les effets de cette opération sur les fonctions de ce nerf à la façon d'être d'un nerf du même animal laissé intact. Dans les animaux à sang chaud on a observé qu'après un certain temps, sept ou huit jours environ, l'extrémité périphérique du nerf coupé avait perdu son irritabilité, et que cette perte augmentait de plus en plus en approchant des extrémités des nerfs qui sont cachées dans les muscles. On en doit dire autant de la propriété que possèdent les nerfs pour réveiller la sensation sous les excitations, propriété qui reste seule dans la partie centrale du nerf après la section. Cependant l'observation très-remarquable faite dans cette expérience consiste en ce que immédiatement, et pendant quelques jours encore après la section du nerf, la contraction musculaire excitée par l'irritation du nerf coupé est plus forte que celle qu'on obtient dans l'autre membre en irritant le nerf laissé intact. Cette différence doit être attribuée à l'état de repos dans lequel les muscles et le nerf coupé restent quelque temps, pendant que les conditions de la nutrition subsistent encore, tandis que, dans le muscle dont le nerf est resté intact, le nerf et le muscle n'ont jamais cessé d'agir, et par suite de consumer les matériaux nécessaires pour la production de la force musculaire. Cette interprétation peut se vérifier aisément, si l'on ne se contente pas de couper un des nerfs ischiatiques et si l'on tranche en même temps la moelle épinière dans sa partie inférieure, ce qui fait cesser entièrement les mouvements des deux membres; alors on ne voit plus se produire la différence qui résultait de la section de l'un des nerfs. C'est là ce qui résulte des expériences d'un jeune physiologiste, aide de ce Muséum, M. C. Herzen.

En faisant ces expériences sur les grenouilles, on obtient des résultats un peu différents.

Avant tout, il est bon, en opérant sur des grenouilles, d'attendre la fin de cette contraction en quelque sorte tétanique, dont l'effet est de rendre les muscles rigides, et qui se produit souvent quand on prépare la grenouille : alors seulement on peut faire une expérience pour comparer les contractions des deux membres, dont l'un a le nerf coupé, l'autre le nerf intact.

En faisant l'expérience quelques heures, ou même deux et trois jours après la section du nerf, on trouve, si l'on fait agir le même courant et si l'on mesure la contraction avec le dynamomètre que nous décrirons bientôt, que la contraction dans le membre dont le nerf a été coupé est plus forte que dans l'autre membre. Mais cette différence ne persiste pas, et, si l'on continue pendant un certain temps à exciter le nerf par le courant électrique, on trouve que l'irritabilité est plus forte et plus persistante dans le membre dont le nerf était resté intact.

Après ces généralités, qui m'ont paru indispensables, sur la structure et sur les fonctions physiologiques des nerfs et des muscles, nous devons à présent entrer réellement en matière, c'est-à-dire entreprendre l'étude des phénomènes développés par l'électricité qui agit sur les nerfs, sur les muscles d'un animal vivant ou tué récemment.

Dans l'interprétation de ces expériences, il est à peine nécessaire de dire qu'il faut tenir compte de la masse et de la conductibilité différentes des nerfs et des muscles qui entrent dans le membre de l'animal sur lequel on opère. Aussi, quand on fait passer une décharge ou un courant électrique à tra-

vers les membres d'un animal, il est clair que la quantité d'électricité qui arrive aux nerfs n'est pas la même sur tous les points, et qu'elle est beaucoup plus petite dans les endroits où le muscle est enveloppé d'une grande masse musculaire, plus considérable dans les articulations où cette masse n'existe pas. Voilà pourquoi, quand on reçoit la décharge au travers du corps, la douleur et le choc de la secousse électrique sont plus forts dans les mains que dans les bras, et dans les articulations que dans les masses musculaires. Par la même raison, il arrive qu'en abandonnant à l'air la grenouille préparée et en essayant de l'irriter de temps en temps par le courant électrique porté tantôt sur les nerfs, tantôt sur les muscles, les nerfs cessent les premiers d'agir, parce qu'ils se dessèchent plus que les muscles; aussi suffit-il d'humecter les nerfs avec de l'eau pour que le courant recommence à les traverser et à les exciter.

Ces mêmes principes font comprendre les effets éprouvés par une chaîne de personnes qui se tiennent par la main, et à travers laquelle on fait passer la décharge d'une bouteille de Leyde : la secousse la plus forte est ressentie par les personnes qui sont aux deux extrémités, parce que pour les autres il y a toujours une grande partie de l'électricité perdue dans le sol. On doit en dire autant de l'expérience par laquelle Franklin montrait qu'une souris n'était pas tuée par la décharge d'une bouteille de Leyde, si l'on trempait l'animal dans l'eau au préalable. L'électricité se transmettait alors par l'eau, au lieu de passer par les viscères de l'animal, comme cela arrivait quand la peau de la souris était sèche.

Avant d'aller plus loin, je dois vous montrer les instruments à l'aide desquels on mesure la contraction musculaire produite par l'électricité. Il serait impossible de faire des progrès dans l'étude de l'électro-physiologie, si nous ne pouvions appliquer à ces phénomènes des instruments propres à les mesurer.

Dans certains cas, le dynamomètre ne doit servir qu'à découvrir les différences de ces effets, sans nous donner la mesure absolue du travail musculaire d'une contraction. Lorsqu'il nous suffit de savoir si une contraction est plus forte qu'une autre, nous employons les instruments qui agrandissent les effets de la contraction et les rendent plus sensibles. Voici un levier très-léger et très-délicat, dont les bras sont inégaux, par exemple dans le rapport de 1 à 10. Le levier peut être de laiton, et le bras le plus long peut être une paille très-fine qui tourne sur un cadran divisé. L'extrémité du bras le plus court porte un crochet qui s'attache à l'extrémité inférieure du muscle gastrocnémien fraîchement préparé sur une grenouille. L'autre extrémité du muscle est aussi fixée à un crochet ou est retenue par une pince de métal au sommet d'un support qui est aussi de métal. Pour faire passer le courant par le gastrocnémien, on emploie d'ordinaire une aiguille d'acier soudée par en bas à l'extrémité d'une courte tige dont la pointe baigne dans le mercure. Si alors on fait passer un courant à travers le muscle en touchant le mercure avec un des rhéophores de la pile, et avec l'autre le crochet ou la pince supérieure, on est sûr d'obtenir dans le muscle une série de contractions successives qui se peuvent mesurer à l'arc que parcourt l'extrémité du long bras du levier. Comme la pointe d'acier ne plonge que dans la couche superficielle du mercure, pour peu que le muscle se soulève, il interrompt le circuit; ensuite le muscle se détend, le courant recommence à passer et le muscle à se contracter.

Il y a un inconvénient, c'est que les mouvements sont si rapides et si rapprochés entre eux, qu'on a peine à noter le degré du cadran où parvient l'index à chaque contraction.

Bréguet, en construisant le dynamomètre qui m'a servi pour beaucoup d'expériences d'électro-physiologie, a imaginé l'instrument que je vous montre, et qui consiste en une petite poulie très-mobile et très-délicate, autour de laquelle s'enroulent deux fils de soie extrêmement fins, dont l'un porte un crochet d'acier ou de cuivre qui s'attache à l'extrémité inférieure du muscle ; à l'autre est suspendu un plateau de balance extrêmement léger, sur lequel on place de petits poids de 2 à 10 grammes. La partie supérieure du muscle est retenue, comme d'ordinaire, par une petite pince qui se meut en courant le long d'une tige verticale à laquelle on peut la fixer à des hauteurs différentes au moyen d'une vis de pression. De cette façon, le muscle est mis à la hauteur qu'on désire, et par suite l'aiguille du dynamomètre portée par l'axe de la poulie peut être amenée, au commencement de l'expérience, au zéro du cadran. Le perfectionnement imaginé par Bréguet consiste en ce qu'il a rattaché l'index à l'axe de la poulie par une pièce en forme de C, et en ce qu'il a placé sur cet axe, à frottement seulement, de manière à le rendre indépendant de l'axe, un second index très-fin d'ivoire en contact avec le cadran. Quand on commence l'expérience, on met l'index d'ivoire en contact avec l'index qui est fixe sur l'axe de la poulie ; il arrive alors que quand la contraction a eu lieu, l'index d'ivoire qui a été soulevé avec l'index fixe ne recule plus, et indique sur le cadran le degré où il a été porté par la contraction.

Quand on veut la mesure absolue de cette contraction, c'est-à-dire la quantité de travail mécanique produite par le muscle dans une contraction, il faut renoncer à ces instruments, qui, pour agrandir les effets, introduisent dans l'expérience des résistances et des pertes. On a coutume alors de suspendre au muscle un poids formé d'un fil métallique portant à son extrémité inférieure un petit plateau où l'on met les poids ; ce fil est marqué transversalement d'un trait extrêmement fin que l'on regarde avec la lunette d'un cathétomètre pourvu d'un micromètre divisé sur le verre.

Ainsi l'expérience consiste à lire le nombre de millimètres ou la hauteur à laquelle ce trait est soulevé lorsque le muscle se raccourcit et se contracte par l'effet du passage de l'électricité. On peut faire passer le courant dans toute la longueur du gastrocnémien, en touchant avec les rhéophores de la pile la pince supérieure et le mercure dans lequel plonge à peine la pointe du fil métallique inférieur. On peut aussi faire l'expérience en laissant attaché au gastrocnémien un morceau de son nerf sciatique, et en touchant ce nerf avec les deux rhéophores de la pile.

Les physiologistes ont cru trouver dans un muscle qui serait l'hyo-glosse de la grenouille, un muscle bien propre à donner ces mesures, parce qu'il aurait toutes ses fibres parallèles et de même longueur, et par suite produisant des actions égales, ce qui n'arrive pas pour les autres muscles, dans lesquels il y a des fibres de longueurs différentes et inclinées par rapport à l'extrémité tendineuse, et qui par conséquent agissent avec des forces diverses pour soulever le poids.

Je vous rapporterai très-brièvement ici les résultats obtenus. Helmholtz a tenté beaucoup d'expériences de ce genre, dans l'intention, comme je le dirai bientôt, de déterminer le temps nécessaire à la transmission de l'excitation nerveuse

expériences que le travail musculaire développé par un courant est indépendant du point où le nerf est excité.

Le muscle employé était le gastrocnémien de la grenouille. Il fut bientôt constaté que l'intensité du courant électrique pouvait être très-différente sans faire varier le maximum de l'énergie musculaire ainsi développé. Nous reviendrons bientôt aussi sur ce point.

En faisant ces comparaisons, il ne faut pas oublier l'observation de Schwann, que j'ai confirmée et étendue, savoir, que le travail mécanique de la contraction d'un muscle croît, dans certaines limites, avec le poids que le muscle doit soulever, de sorte que le muscle est plus vite fatigué et affaibli d'une manière permanente quand le poids soulevé est plus considérable.

Helmholtz suspendait au muscle un poids de 180 grammes, et dans les premiers moments la hauteur où le poids fut élevé était de $0^{m},00088$.

Avec un poids de 100 grammes attaché à un muscle gastrocnémien qui pesait environ $0^{gr},320$, j'ai trouvé que la contraction de ce muscle soulevait le poids à une hauteur de $0^{mm},84$; avec un poids de 70 grammes, de $1^{mm},270$, et avec 10 grammes, de $1^{mm},412$.

De ces nombres il résultait que le travail mécanique d'une contraction est exprimé par 0,00001457 kilogrammètre. En partant de ce nombre et en admettant qu'un muscle sain peut donner pendant dix minutes le maximum de la contraction trois fois par seconde, ainsi que je l'ai trouvé dans les expériences dont nous nous occuperons bientôt sur l'augmentation de la respiration musculaire pendant la contraction, on trouve que le travail total produit par dix muscles gastrocnémiens en dix minutes, c'est-à-dire pendant le temps où l'on mesurait la respiration correspondante, était à peu près égal à 0,2600 kilogrammètre.

Je ne veux pas quitter ce sujet sans vous exposer aussi très-sommairement les résultats obtenus en étudiant la durée de la contraction excitée par le courant, et autant que possible le mécanisme à l'aide duquel on opère.

En employant le dynamomètre construit par Bréguet, tel que je vous l'ai décrit, on peut imaginer facilement qu'on introduise dans le circuit de la pile un électro-aimant dans lequel l'aiguille aimantée, lorsqu'elle se meut par suite de la fermeture du circuit, vient buter contre le bouton d'un chronomètre à secondes, qui ainsi pointe avec de l'encre sur le cadran un espace de temps d'un cinquième de seconde et même moins. Si alors on dispose la pointe suspendue au muscle et mise en contact avec la surface du mercure, de manière que le circuit s'interrompe immédiatement dès que la contraction se produit, il arrivera, une fois la contraction finie, quand le muscle reprendra sa longueur primitive, que le circuit se fermera de nouveau de lui-même. Les interruptions et les fermetures du circuit se renouvelant ainsi, nous obtiendrons, sur le cadran du chronomètre, des marques espacées qui indiqueront le temps écoulé entre deux contractions successives, c'est-à-dire le temps employé pour les deux phases de la contraction proprement dite, savoir, le raccourcissement du muscle et son retour à l'état primitif.

La conclusion d'un grand nombre d'expériences faites à l'aide du dynamomètre ainsi disposé est que le muscle frais, dans les premiers instants, accomplissait ces deux actes de la contraction dans un temps qui ne dépassait pas un quart de que le muscle se desséchait. Mais on a voulu savoir aussi combien de temps exige chacun de ces deux mouvements du muscle, et à cet effet on a eu recours au dynamographe que Watt a très-ingénieusement employé pour mesurer la vitesse des mouvements de la tige du piston dans une machine à vapeur, et dont plus tard Young s'est servi pour la mesure des vibrations sonores.

Imaginez un disque ou un cylindre de verre ou de laiton, auquel on peut, soit par un mécanisme, soit à la main, imprimer un mouvement rotatoire autour de son axe, qui doit être uniforme et de deux ou trois tours par seconde, si le disque ou le cylindre est d'un diamètre assez grand. Supposez qu'une aiguille fixée dans le muscle de la grenouille suspendue par les moyens ordinaires soit placée de manière à effleurer à peine le disque ou le cylindre tournant. On a d'abord, avant l'expérience, couvert ce cylindre de noir de fumée en le tenant au-dessus de la flamme d'une résine quelconque. On peut aussi, au lieu de l'aiguille, adapter au muscle un pinceau très-fin imbibé d'encre, et alors le cylindre, au lieu d'être couvert de noir de fumée, doit être garni de papier. Il est évident que le premier moyen est le meilleur, parce que l'aiguille ne rencontre aucune résistance sensible en courant sur le noir de fumée. On comprend facilement que si le muscle reste immobile, l'aiguille tracera sur le cylindre une ligne droite, ce qui cessera d'arriver si le muscle se contracte, c'est-à-dire s'accourcit et s'allonge ensuite. Dans ce cas, l'aiguille tracera, pendant la contraction, d'abord une courbe ascendante, puis, quand le muscle reviendra, une courbe descendante. Connaissant la vitesse de rotation du cylindre, on peut immédiatement savoir combien de temps le muscle a mis à se raccourcir, combien à s'allonger, en mesurant, sur la ligne horizontale que les géomètres appellent axe de l'abscisse, l'intervalle compris entre le commencement de la courbe et la base de l'ordonnée la plus élevée, c'est-à-dire l'instant où le muscle va commencer à se raccourcir.

De cette façon, on s'est assuré que la période du raccourcissement ou de la contraction proprement dite est à peine, quand le muscle est frais, d'un centième de seconde, c'est-à-dire beaucoup plus courte que la période de relâchement. Le seul aspect de ces courbes, que vous voyez tracées sans interruption par une série successive de contractions, vous fait voir combien le temps exigé par le raccourcissement est plus court que celui du relâchement. On voit aussi, en regardant ces courbes à la loupe, qu'elles ne sont pas continues, du moins dans la période de raccourcissement, mais qu'elles paraissent dentelées, comme si elles étaient dues à une série d'efforts successifs. Tel est du moins le cas des muscles qui se contractent volontairement, tandis que dans le cœur, par exemple, la contraction paraît être instantanée et complète.

Helmholtz, en disposant le myographe ou dynamomètre qui trace les mouvements produits par la contraction, de manière à pouvoir faire agir le courant excitateur tantôt sur le muscle directement, tantôt sur le filament nerveux qui y est attaché, et sur ce dernier en deux points différents, c'est-à-dire ou tout près du muscle ou à la distance d'environ 40 millimètres, remarqua une différence constante entre le moment de l'excitation du nerf et le moment où commençait la contraction, suivant que le nerf était excité dans le voisinage du muscle ou à une certaine distance. Évidemment cette différence constante ne pouvait avoir pour cause que le temps

employé par l'agent nerveux, quel qu'il soit, pour se propager dans une certaine longueur du nerf.

Ce même physiologiste, qui est certainement un des esprits les plus pénétrants et les plus étendus de notre temps, imagina, pour déterminer cette vitesse, une manière d'expérimenter plus élégante encore et dont je ne puis m'empêcher de vous dire un mot.

Helmholtz suspend à la pince en usage un muscle gastrocnémien, et prépare le nerf de ce muscle de manière à pouvoir l'exciter par le courant électrique, tantôt à une certaine distance du muscle, tantôt tout près du muscle et à l'endroit où il y pénètre. Au gastrocnémièn est suspendu, outre le plateau qui porte les poids, un léger levier horizontal mobile à l'une de ses extrémités, tandis que l'autre a une pointe de métal amalgamée qui se trouve en contact avec un godet plein de mercure.

Il y a dans cette expérience deux circuits électriques et deux courants : l'un de ces derniers peut se nommer *chronoscopique*, parce qu'il fait dévier l'aiguille d'un galvanomètre gradué par la méthode de Pouillet. On comprend facilement comment, après avoir fixé une mince bande d'étain le long du rayon d'un disque de verre auquel on communique une certaine vitesse de rotation, on doit obtenir, en y appliquant les deux extrémités d'un circuit dans lequel se trouvent la pile à force constante et un galvanomètre, une déviation plus ou moins grande, suivant que le passage de ce courant se prolonge pendant un temps plus ou moins long. On fait varier ce temps en tenant les extrémités du circuit à des distances différentes du centre de rotation, et par conséquent il varie comme la vitesse angulaire des points touchés par ces extrémités. La graduation du galvanomètre ainsi obtenue nous donne, suivant la déviation ou l'impulsion de l'aiguille du galvanomètre, la durée du passage du courant.

En revenant maintenant à l'appareil de Helmholtz, je vous dirai qu'outre ce circuit, il y en a un autre dans lequel est compris un électro-aimant à circuit fermé, en présence duquel on met une spirale dont les extrémités sont mises en contact avec le nerf qu'on veut soumettre au courant d'induction développé dans cette spirale sensiblement à l'instant même où le circuit s'interrompt.

Supposons enfin que nous avons une espèce de levier combiné de façon que, par un mouvement presque instantané fait avec la main, il produise ce double effet d'interrompre d'un côté le circuit d'induction dont nous avons parlé, et de fermer de l'autre le circuit du courant chronoscopique. On comprend, d'après cette description, que deux choses doivent se produire au même instant : ce sont le courant d'induction qui excite le nerf, et un courant qui fait dévier l'aiguille du galvanomètre pour mesurer le temps pendant lequel il dure. Rappelons-nous qu'aussitôt que le muscle commence à se contracter, le levier attaché au gastrocnémien s'élève, et que la disposition de l'appareil est telle, qu'à l'instant où ce mouvement commence, le circuit du courant chronoscopique s'interrompt, et s'interrompt pour toujours, parce que cette goutte de mercure qui était suspendue par adhésion à la pointe attachée au levier, et qui le mettait en communication avec le mercure ne peut plus se reformer. Donc le circuit du courant chronoscopique reste fermé pendant un laps de temps mesuré par la déviation qu'on obtient dans le galvanomètre, et ce temps est employé à transmettre l'excitation du nerf jusqu'au muscle et à produire la contraction du muscle. L'expérience de Helmholtz a consisté à exciter le même nerf, tantôt au point où il entre dans les muscles, tantôt à un point du même nerf éloigné du muscle de 43 millimètres. Le résultat obtenu a été de constater une différence de temps faible, mais constante, entre les deux cas, différence qui ne pouvait être attribuée qu'au temps employé dans la propagation de l'excitation nerveuse. Ce temps se trouva en moyenne, pour le nerf sciatique de la grenouille, d'une seconde par 30 mètres. Il a été découvert ensuite que cette vitesse diminuait rapidement quand le nerf avait été entouré de glace et refroidi. Ce fait de la vitesse de propagation de l'excitation nerveuse, dont la mesure a été déterminée par Helmholtz et évaluée à 30 mètres environ par seconde, tandis que la vitesse du courant électrique est quinze millions de fois plus considérable, suffirait à rendre impossible toute supposition qui assimilerait l'agent nerveux et le courant électrique. La vitesse de l'agent nerveux, quel qu'il soit, ne diffère pas de celle du mouvement qui se propage dans un corps solide ou liquide à la suite d'un choc, et elle est même beaucoup moindre que la vitesse du son dans l'air. Il n'est donc pas contraire à l'analogie de considérer la propagation de l'excitation nerveuse comme semblable ou analogue à celle d'un mouvement vibratoire transmis par la matière qui emplit le tube nerveux. Trompés par les faibles distances qui, dans le corps humain, séparent du cerveau les extrémités des filaments nerveux, et qui sont si peu de chose relativement aux grandes distances parcourues presque instantanément par la lumière et l'électricité, nous avons cru que les impressions transmises par les nerfs sensitifs au cerveau, et les actions qui, partant du cerveau, éveillent dans les muscles les contractions volontaires, étaient de même nature, c'est-à-dire presque instantanées; mais l'expérience ingénieuse de Helmholtz a prouvé au contraire que la transmission de l'excitation nerveuse était bien plus lente.

II

SOMMAIRE. — Comment l'électricité agit sur les nerfs. — Une décharge très-faible de la bouteille de Leyde suffisante pour exciter le nerf. — La grenouille plus sensible que le galvanomètre au passage de l'électricité. — Preuve que l'électricité, quand elle excite les nerfs, détermine les actions chimiques de la respiration musculaire. — L'électricité qui excite les nerfs opère comme une étincelle qui enflamme la poudre fulminante. — Augmentation de l'oxydation de la substance musculaire dans l'acte de la contraction.

Dans la dernière leçon je vous ai montré les différents instruments à l'aide desquels on a cherché à mesurer la contraction musculaire qui se produit quand on excite les nerfs par l'électricité, et qu'on fait ainsi contracter les muscles où ces nerfs se ramifient. Quelques-uns de ces instruments ne servent que pour agrandir les effets de la contraction. Nous avons vu aussi comment on peut déterminer les espaces de temps, toujours très-courts, dans lesquels s'accomplissent les deux phases de la contraction, c'est-à-dire le raccourcissement et le relâchement successifs du muscle. Je vous ai dit aussi que, si l'on veut déterminer le travail mécanique d'une contraction musculaire, ou, en d'autres termes, mesurer la hauteur à laquelle en cet instant le muscle élève le poids qui y est attaché, il fallait supprimer certains mécanismes qui entrent dans les dynamomètres communs, et dans lesquels il y a toujours une perte de force, à cause des frottements produits. Il fallait, d'un autre côté, choisir un muscle dont,

autant que possible, toutes les fibres fussent d'égale longueur et parallèles entre elles, et mesurer la hauteur du soulèvement en lisant, dans le champ d'une lunette munie d'un micromètre divisé sur le verre, de combien s'élève le poids attaché au muscle, à l'aide d'un trait extrêmement fin marqué sur ce poids.

Schwann a montré, le premier, je crois, et j'ai ensuite vérifié plusieurs fois, que le travail mécanique d'une contraction croît dans certaines limites avec le poids attaché au muscle et soulevé dans la contraction : d'où il résulte, et il ne pouvait en être autrement, que plus le poids est considérable, plus la force contractile du muscle s'éteint promptement. Helmholtz a aussi observé que plus le poids était grand, plus il fallait de temps pour que le muscle entrât en contraction, et nous verrons, en effet, plus tard, que ce temps était employé à développer dans le muscle une plus grande quantité d'actions chimiques.

En opérant sur le muscle gastrocnémien d'une grenouille, muscle pesant 0gr,320, et auquel était attaché un poids de 10 grammes, j'ai vu que ce poids, dans l'acte de la contraction, s'élevait de 1mm,412. De ces nombres il résultait que le travail mécanique de cette contraction est exprimé par 0,00001457 kilogrammètre. Si l'on admet qu'un gastrocnémien encore très-vivace peut se contracter, au passage du courant électrique, au moins trois fois par seconde, il ne sera plus difficile de comprendre comment on peut comparer, ainsi que nous le ferons bientôt, la quantité du travail produit par un certain poids de muscle avec la quantité d'effets chimiques de la respiration de ce muscle dans un temps donné.

La première question que nous devrons chercher à résoudre, en étudiant l'action de l'électricité sur les nerfs et sur les muscles, est celle de savoir s'il y a une relation entre la quantité d'électricité qui agit sur un nerf et l'effet musculaire provoqué par cette électricité.

Nous savons que quand l'électricité circule dans l'arc interpolaire d'une pile, soit en réchauffant cet arc comme il arrive dans les fils métalliques, soit en produisant une décomposition, s'il s'agit d'une *électrolyse*, soit en faisant dévier une aiguille aimantée du méridien où la retient le magnétisme terrestre, toujours, dans toutes ces circonstances, les effets obtenus durent tant que l'électricité est en mouvement, et sont proportionnés aux quantités d'électricité qui passent dans ces circuits.

Au contraire, l'expérience la plus familière de l'électrophysiologie nous apprend que cette relation n'existe pas pour les phénomènes électro-physiologiques. Lorsque nous touchons avec les mains humectées les deux conducteurs d'une pile assez forte, nous éprouvons, au moment où se ferme le circuit, une secousse et une contraction des muscles des bras et des mains. Mais cet effet cesse immédiatement après la fermeture du circuit, et nous pouvons faire durer le passage de l'électricité dans notre corps pendant des heures sans que la contraction se reproduise : ce ne sera qu'au moment où nous cesserons de toucher la pile que nous éprouverons dans les muscles une nouvelle secousse.

Je puis vous montrer facilement cette expérience sur la grenouille, que je prépare à la façon de Galvani, en coupant l'animal à peu près par le milieu, et en enlevant les viscères et la peau de manière à laisser les membres inférieurs et une partie du bassin ou de l'épine dorsale avec les nerfs cruraux.

Alors, si nous touchons avec les deux rhéophores d'une pile les extrémités des jambes ou les deux nerfs de cette grenouille, nous voyons se produire des contractions d'abord très-énergiques qui s'arrêtent pourtant, si l'on maintient les deux rhéophores en contact avec ces parties de l'animal. On peut faire la même expérience en préparant la grenouille de manière à enlever le bassin et à pouvoir toucher directement avec les deux électrodes deux points des nerfs cruraux. Alors on voit encore sur la grenouille la contraction recommencer quand on interrompt le circuit ; et je puis facilement vous montrer que l'on peut obtenir la contraction quand le circuit s'interrompt, sans l'avoir obtenue lors de la fermeture du circuit. Pour cela j'emploie une pile très-faible, d'un seul couple, dont le zinc et le cuivre trempent dans l'eau pure ; puis j'ai soin d'introduire dans le circuit un rhéostat liquide, c'est-à-dire une colonne d'eau pure, que je puis allonger plus ou moins en éloignant l'une de l'autre les extrémités des fils métalliques qui entrent dans le circuit. Avec quelques précautions, je puis, en commençant, avoir une couche liquide assez épaisse, et par suite un courant assez faible, pour ne pas produire la contraction de la grenouille au moment où se ferme le circuit. Alors je rapproche les fils métalliques immergés dans l'eau, je rends ainsi petit à petit le courant plus fort, et quand je romps le circuit, nous voyons la grenouille se contracter.

Tels sont les principaux phénomènes que produit le courant électrique dans son passage à travers les nerfs d'un animal vivant ou récemment tué, et l'on peut les exprimer en disant que *le courant électrique, dans son action sur les nerfs mixtes, et alors qu'il détermine de cette façon la contraction des muscles correspondants, n'opère qu'au commencement et à la fin de son passage à travers ces mêmes nerfs.*

De ce premier fait on a déduit une certaine analogie, qu'il serait pourtant difficile de démontrer comme assez fondée, entre ces phénomènes électro-physiologiques et l'induction électrique découverte par Faraday. Si l'on prend une spirale, et si on la place à l'intérieur d'une autre spirale en faisant en sorte que dans la première on puisse à volonté faire entrer un courant électrique, et que dans l'autre soit contenu le circuit d'un galvanomètre, on sait, par une des plus belles expériences de la physique moderne, que nous devons à Faraday, qu'à l'instant où se ferme le circuit dans lequel est comprise la première spirale, il y a, dans la seconde spirale, un courant d'induction qui dure un moment et cesse, quoique l'électricité de la pile continue à passer : et c'est seulement quand le courant de la pile est interrompu, qu'un second courant se manifeste pour un instant dans la spirale d'induction.

Il serait impossible de vous dire s'il y a un fondement quelconque dans l'analogie qu'on a voulu voir entre les phénomènes de l'induction électro-dynamique et ceux de l'électrophysiologie ; mais ce qui est certain, c'est que ces derniers phénomènes sont indépendants de la quantité d'électricité qui passe dans les nerfs d'un animal, et qu'ils se produisent seulement à l'instant où l'électricité prend dans le nerf un certain état que j'appellerai d'équilibre dynamique, ou quand cet état cesse.

En continuant ces études, nous arriverons facilement à découvrir combien doit être petite la quantité d'électricité nécessaire pour déterminer l'excitation des nerfs, et par suite la contraction normale des muscles.

Depuis les premiers temps où Volta étudiait l'action de la

décharge électrique d'une bouteille sur les nerfs d'une grenouille préparée, on savait que la décharge d'une très-petite bouteille de Leyde, à peine sensible à l'électroscope le plus délicat, suffisait à provoquer les contractions d'une grenouille préparée de la manière que j'ai décrite. Je puis vous montrer sur ce point des expériences encore plus concluantes. Je prépare rapidement une grenouille, et je la place entre les extrémités de l'excitateur universel; puis je charge une petite bouteille de Leyde, et je la décharge trois ou quatre fois de suite avec un arc métallique jusqu'à ce que je ne réussisse plus à obtenir d'étincelle sensible. La bouteille une fois réduite à une charge si faible, si je la prends à la main et que je fasse communiquer le bouton de son conducteur intérieur avec un électroscope, je n'obtiens plus aucun signe d'électricité, ou du moins je n'en obtiens qu'un extrêmement faible. Pourtant, faisons passer la décharge à travers la grenouille, et nous voyons la contraction se produire encore deux, trois, dix fois de suite.

Évidemment, la quantité d'électricité qui excitait les nerfs de la grenouille dans les dernières décharges devait être extrêmement petite, et il ne serait pas difficile de prouver, comme on l'a déjà fait, en employant la grenouille avec le dynamomètre, que la contraction éveillée par ces décharges si faibles n'était pas moindre que celle qu'éveillent des décharges beaucoup plus fortes.

Mais je puis vous montrer ces mêmes vérités par une méthode plus scientifique et plus concluante. Je prends une grande roue de bois d'environ 4 mètres de circonférence, et sur la périphérie je fixe en travers une petite bande de laiton ou de cuivre large d'un millimètre. Supposons maintenant que nous avons un courant voltaïque dans lequel entrent un galvanomètre ordinaire, les nerfs d'une grenouille préparée suspendue au dynamomètre, une pile d'un seul couple, et enfin deux ressorts de laiton fixés sur une règle de bois, très-rapprochés l'un de l'autre, mais non pas en contact. Puisque les ressorts ne se touchent pas, le circuit n'est pas fermé, l'électricité ne passe pas, la grenouille ne se contracte pas, et le galvanomètre ne dévie pas. Supposons maintenant que nous communiquions à la roue dont j'ai parlé une certaine vitesse uniforme, de manière à pouvoir déterminer avec un chronomètre le temps qu'elle met à faire un tour entier. Connaissant la longueur de la périphérie de la roue, nous saurons par conséquent en combien de temps est parcouru un mètre, un centimètre, un millimètre. L'expérience consiste à faire tourner la roue et à rapprocher les deux ressorts de sa périphérie, quand la vitesse de rotation est devenue la plus grande possible et uniforme. Il est clair que pendant l'instant où les deux ressorts portent ensemble sur la bande de laiton, le circuit de la pile est fermé, et que l'électricité passe. En effet, nous voyons la grenouille se contracter comme d'ordinaire à chaque contact de la bande de laiton avec les deux ressorts, bien que l'aiguille du galvanomètre ne bouge pas. Il faut que la roue tourne très-lentement, et que le contact des ressorts avec le laiton se prolonge assez longtemps pour que l'aiguille du galvanomètre commence à dévier.

La première conséquence que nous tirerons de cette recherche, c'est que pour les courants très-faibles, et surtout pour les courants instantanés, la grenouille est beaucoup plus sensible que le galvanomètre, qui a besoin que le passage de l'électricité se prolonge pendant un certain temps pour que l'inertie du système magnétique soit vaincue et que la déviation commence. Nous verrons plus tard quel parti on a tiré de la grenouille convenablement préparée pour découvrir des quantités très-petites d'électricité développées dans quelques tissus d'animaux vivants ou récemment tués. Mais il y a pour le moment une conséquence beaucoup plus importante que celle-là pour la théorie de la contraction musculaire, qui résulte immédiatement des expériences que je vous ai montrées, et c'est de cette conséquence que je veux vous parler plus au long.

Nous pouvons faire cette expérience avec plus d'exactitude, ce qui revient toujours à dire en mesurant les phénomènes. Ainsi, dans le cas actuel, nous pouvons peser le zinc de la pile avant que l'expérience commence, et introduire dans le circuit un voltamètre formé de deux électrodes de platine qui trempent dans une solution assez saturée de nitrate d'argent au moyen duquel, après le passage de l'électricité, on aura sur l'électrode négatif l'argent précipité. Prenons cet électrode et pesons-le après l'avoir bien essuyé; puis pesons-le de nouveau après l'avoir tenu quelques instants dans l'acide nitrique qui dissout l'argent et ne touche pas le platine; la différence des poids nous fera connaître la quantité d'argent que le courant avait précipitée, et qui est rigoureusement équivalente à la quantité du zinc oxydé dans la pile pendant le même temps. Comme la quantité d'argent qui se précipiterait pour un seul passage du courant serait extrêmement petite, l'électricité ne passant que pendant le contact très-court des deux ressorts avec la bande de laiton fixée sur la circonférence extérieure de la roue, je fais une expérience préliminaire qui consiste à tenir fermé le circuit de la pile élémentaire et du voltamètre pendant un certain temps que je mesure exactement. J'arrive ainsi à déterminer combien il y a d'argent précipité ou de zinc oxydé dans la pile en une seconde. Ensuite on mesure la vitesse de rotation de la roue lorsqu'elle a pris un mouvement uniforme, et quand on sait la longueur de la périphérie de la roue, on sait aussi combien dure en pareil cas le contact des deux ressorts avec la bande métallique d'un millimètre de largeur appliquée sur la roue, et par conséquent aussi combien il y a de zinc oxydé dans la pile pendant le même temps. Dans nos expériences, nous avons trouvé qu'avec une vitesse uniforme de la roue de quatre tours par seconde, la durée du contact était égale à un dix-millième de seconde. Pendant ce temps, la quantité de zinc oxydée dans la pile était de 7 billionièmes de milligramme de zinc. Quoique ces nombres soient prodigieusement petits et qu'ils soient obtenus par le calcul, comme on ne peut commettre aucune erreur, si faible qu'elle soit, sur les données d'où on les tire, nous devons tenir ces nombres pour exacts. D'un autre côté, la grenouille qui se contracte dans le dynamomètre à l'instant où passe l'électricité nous fournit la mesure du travail mécanique produit dans le même temps par la contraction musculaire, et nous savons déjà quelle est la quantité de ce travail.

Quelle que soit l'idée que nous puissions nous faire de la manière dont l'électricité excite les nerfs et éveille les contractions dans les muscles correspondants, et bien que l'expérience nous ait déjà montré que la quantité d'électricité n'est pas proportionnée aux effets physiologiques, il n'en est pas moins vrai qu'une certaine quantité d'électricité est nécessaire pour éveiller ces phénomènes, et qu'en diminuant ou ralentissant le passage de l'électricité dans les nerfs, comme nous l'avons vu avec le rhéostat liquide, ces effets ces-

sent. D'un autre côté, par le raisonnement que nous allons faire sur les expériences décrites et sur les nombres trouvés, ces considérations sur la façon dont l'électricité agit sur les nerfs ne nous auront rien prouvé que nous ne tenions certainement pour beaucoup au-dessous de la vérité dans nos conclusions.

Ce n'est pas ici le lieu, et je n'en aurais pas le temps, de vous exposer ce qu'on appelle la théorie dynamique de la chaleur, que je suppose déjà connue de vous. Je me contente de vous dire que la plus grande découverte de la physique moderne est celle qui a démontré par des expériences qu'il n'y a et qu'il ne peut y avoir de travail mécanique produit sans une transformation correspondante ou équivalente d'un autre travail, ou de ce qu'on appelle en mécanique force vive, et *vice versâ*. Ainsi un corps qui tombe d'une certaine hauteur sur un plan par lequel il est arrêté ne perd pas, en réalité, la force dont il était animé; mais il produit, dans ce choc, une quantité de chaleur qui serait capable de communiquer au corps tombé une force ou une vitesse capable de le relever au point où il était avant sa chute. De ces expériences on obtient la détermination numérique de ce qu'on appelle en physique l'équivalent dynamique de la chaleur.

Ce nombre qu'on exprime par 420 kilogrammètres, signifie que lorsque 420 kilogrammes tombent d'une hauteur d'un mètre, ce mouvement, en réalité, n'est pas détruit à la rencontre du sol; mais qu'il se transforme en une quantité de chaleur qui pourrait élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau, et que, *vice versâ*, cette quantité de chaleur peut se transformer en un travail mécanique exprimé par 420 kilogrammètres.

Arrêtons-nous maintenant pour remarquer que dans toutes les actions chimiques il y a toujours des matières qui entrent dans de nouvelles combinaisons et de la chaleur qui se développe. Quand on pense que dans une pile il y a toujours du zinc qui s'oxyde et une élévation de température produite dans toutes les parties du circuit; enfin, quand on voit que dans toutes ces actions ou combinaisons chimiques, soit qu'elles se produisent dans la chaudière d'une machine à vapeur, soit qu'elles s'opèrent dans une pile qui met en mouvement un moteur électro-magnétique, il y a toujours un travail mécanique développé, on comprend aussitôt toute l'importance de cette théorie qui a la certitude d'un principe de mécanique, et qui, d'autre part, entre en jeu dans toutes les transformations de la matière auxquelles nous assistons et dans toutes les machines que nous voyons agir.

Après nous être ainsi rappelé les généralités de la théorie dynamique de la chaleur, nous ne trouverons pas de difficulté à interpréter les expériences décrites. Certainement la quantité de travail développé par la contraction d'un muscle doit être trouvée équivalente à une certaine quantité correspondante d'action chimique, ou de chaleur, ou de ce que les Anglais ont appelé *énergie potentielle*, qui s'est produite et transformée dans l'organisme. Comme nous savons combien il y a eu de zinc oxydé dans la pile pour développer l'électricité employée à exciter le nerf, il est facile de vérifier si cette quantité correspond, suivant la théorie, au travail dynamique de la contraction. Le résultat obtenu est que cette quantité de zinc oxydé ou de chaleur produite par l'oxydation, employée à exciter le nerf sous la forme de courant électrique, engendre ou ne pourrait engendrer qu'un travail musculaire au moins trente mille fois plus petit que celui qui se retrouve dans la contraction.

De cette conclusion, qui découle directement des expériences, on déduit nécessairement que des phénomènes chimiques doivent se passer dans les muscles avant leur contraction, et que ces phénomènes sont provoqués par l'excitation des nerfs. De cette façon nous n'aurons plus de peine à concevoir comment on peut éveiller un travail musculaire qui n'est pas, théoriquement parlant, équivalent à la cause qui a excité le nerf. Cette cause d'excitation devra donc être assimilée à la faible étincelle qui enflamme une masse quelconque de poudre à canon, ou au choc extrêmement léger qui suffit à enflammer une grande quantité de poudre fulminante.

Les phénomènes chimiques que l'excitation des nerfs développe dans les muscles sont ceux dont on a appelé l'ensemble respiration musculaire, et dont il me reste à démontrer par l'expérience les effets principaux.

Depuis que Lavoisier a trouvé la théorie fameuse de la respiration et de la chaleur animale, on sait que, sous l'influence de l'exercice musculaire et pendant le travail, les hommes et les animaux consomment une quantité d'oxygène et exhalent une quantité d'acide carbonique bien plus grandes que les quantités correspondantes dans l'homme ou dans les animaux qui restent à l'état de repos ou de sommeil. Jusqu'à présent cependant on ne pouvait dire avec certitude que ces changements chimiques s'opéraient dans le muscle et par suite de sa contraction.

Je puis à présent vous montrer des expériences fort simples qui mettent parfaitement en lumière ce point important en physiologie.

On savait qu'un morceau de muscle pris sur un animal vivant ou récemment tué, mis sous une cloche de verre pleine d'air ou de gaz oxygène et renversé sur le mercure, produit dans cette atmosphère un changement constant qui consiste dans la disparition d'une certaine quantité d'oxygène et dans la substitution d'une certaine quantité d'acide carbonique. Depuis, on a démontré que ces muscles, dans le gaz hydrogène pur, exhalent une certaine quantité d'acide carbonique qui, évidemment, existait dans leur tissu comme les gaz existent à l'état de dissolution dans les liquides. J'ai plus d'une fois tenu des muscles pendant bien des heures dans le vide ou dans l'hydrogène, sans jamais arriver à n'avoir plus de dégagement d'acide carbonique. Ce dégagement devenait de plus en plus faible dans le cours de ces expériences, mais ne cessait jamais entièrement. Peut-être donc, outre que ce gaz est de plus en plus fixé dans les muscles à mesure que la quantité qu'ils en renferment en dissolution diminue, nous devons admettre aussi qu'une partie de cet acide carbonique s'y trouve à l'état de combinaison chimique.

Je me suis aussi assuré que les effets de ce qu'on appelle la respiration musculaire se vérifiaient également quand le muscle avait été autant que possible privé de sang.

Voyons maintenant ce qui arrive dans les muscles de grenouille (qui conservent leur vitalité le plus longtemps après la mort), lorsqu'ils entrent en contraction. Je prends pour cela deux bocaux de verre d'une contenance égale, munis de leurs bouchons à l'émeri, et pour chacun desquels j'ai préparé en outre un bon bouchon de liége. Au travers de chacun de ces derniers bouchons passent deux fils de cuivre repliés horizontalement à l'intérieur du bocal, de manière à y pouvoir suspendre cinq grenouilles qui ont été préparées rap-

dement de la façon accoutumée, c'est-à-dire réduites à un morceau d'épine dorsale dans lequel sont enfilés les deux fils de cuivre et aux membres inférieurs. On comprend par là qu'en mettant les deux fils qui sortent d'un des bocaux en communication avec les extrémités d'un appareil d'induction, on peut éveiller des contractions fortes et continues dans les grenouilles de ce bocal. Pour que les muscles conservent un certain temps la faculté de se contracter, il faut suspendre de temps en temps le passage de ce courant, et augmenter d'autant plus la durée des repos que l'on fait durer l'expérience davantage. Après un certain temps, qui peut être de sept ou huit minutes, j'enlève rapidement les bouchons de liége et je referme les deux bocaux avec leurs bouchons à l'émeri. Enfin, par le moyen d'une pipette, j'introduis dans les deux bocaux la même quantité d'eau de chaux et j'agite le liquide. On ne tarde pas à voir une différence notable dans les liquides des deux bocaux, c'est-à-dire que le précipité de carbonate de chaux est beaucoup plus abondant dans le liquide du bocal où les muscles se sont contractés que dans le liquide de l'autre vase, où les grenouilles préparées sont restées en repos.

Par ces moyens chimiques, quelque grossiers qu'ils soient, on peut avoir déjà une certaine mesure des effets obtenus dans les deux bocaux, en versant les deux liquides sur un filtre et en recueillant les précipités, ou en mettant d'abord dans chacun des deux la même quantité d'eau distillée et en y versant goutte à goutte l'eau de chaux au moyen d'une pipette graduée jusqu'à ce que le liquide cesse de se troubler. On peut aussi verser une solution étendue d'acide chlorhydrique dans le liquide trouble des bocaux; ce précipité se dissout aussitôt, parce qu'il est composé de carbonate de chaux, et l'on peut faire une certaine analyse de ces liquides en mesurant la quantité d'acide dilué nécessaire pour dissoudre ces précipités.

De nombreuses expériences faites comme nous venons de l'indiquer, nous pouvons conclure avec certitude que les muscles, privés autant que possible de sang et pris sur des animaux vivants, si on les fait contracter, exhalent une quantité d'acide carbonique et absorbent une quantité d'oxygène beaucoup plus considérables que les muscles tenus en repos.

On a fait des expériences par des méthodes chimiques beaucoup plus rigoureuses que celles que je vous ai montrées, et l'on a obtenu le même résultat, et, de plus, la preuve que la différence des transformations chimiques dues à la contraction pouvait, en réalité, suivant la théorie dynamique de la chaleur, rendre compte du travail musculaire produit.

On a aussi reconnu que les muscles de grenouille privés de sang s'échauffent en se contractant.

Je puis sans peine vous montrer une expérience fort délicate qui prouve ce développement de chaleur, qui ne peut être attribué au sang qui circule en plus grande abondance dans un membre qui se contracte, ainsi que cela arrive dans les expériences qu'on avait citées jusqu'ici pour prouver que la contraction développe de la chaleur.

Je prends une grenouille préparée comme d'ordinaire, et j'enlève complétement les nerfs cruraux même à l'intérieur de la cuisse, de façon qu'elle ne puisse plus se contracter. Puis j'introduis deux petites pinces thermo-électriques de cuivre et de fer, terminées en aiguille, dans les deux cuisses, et je ferme le circuit avec un galvanomètre très-sensible, en disposant les communications de manière que le courant développé quand on chauffe une des soudures fasse dévier l'[illegible] guille du galvanomètre dans une direction contraire à ce[illegible] où elle se meut quand on chauffe l'autre soudure. Alors [illegible] suffit de faire contracter les muscles du membre intact p[illegible] voir aussitôt l'aiguille dévier en indiquant l'échauffement [illegible] ce membre.

Je veux aussi vous montrer que les muscles, en se contr[illegible] tant, outre qu'ils dégagent une certaine quantité d'acide c[illegible] bonique dans l'air environnant, s'imprègnent d'une certa[illegible] quantité de cet acide; et, pour vous donner cette preuve, [illegible] suffira que nous remettions nos cinq grenouilles dans un b[illegible] cal plein de gaz oxygène pur.

Après peu de temps, nous verrons que dans ce bocal [illegible] s'est dégagé une quantité d'acide carbonique bien plus gran[illegible] que celle qui a été exhalée par les muscles restés en rep[illegible] Bernard a aussi prouvé, en agitant le sang fourni par un b[illegible] qui était resté longtemps contracté dans une cloche plei[illegible] de gaz oxyde de carbone, ce qui est le meilleur moyen po[illegible] délivrer le sang des gaz qui y sont en dissolution, qu'il [illegible] avait plus dans ce sang aucune trace d'oxygène, et que tou[illegible] gaz était composé d'acide carbonique.

Je puis encore vous montrer d'une autre manière la re[illegible] tion qu'il y a entre la propriété que possèdent les muscles [illegible] se contracter et les actes chimiques de la respiration d[illegible] muscles mêmes. Il suffit pour cela de suspendre les grenouil[illegible] préparées, les unes dans l'acide carbonique, les autres d[illegible] l'oxygène, puis de les faire contracter de temps en temps, [illegible] vous verrez les dernières conserver leur contractilité bien pl[illegible] longtemps que les premières. Vous verrez aussi les muscl[illegible] ainsi asphyxiés par l'excès d'acide carbonique et le manq[illegible] d'oxygène, reprendre la propriété de se contracter si on le[illegible] laisse un certain temps ou dans l'air atmosphérique, ou même au contact de l'hydrogène, et en présence de la potasse, qui absorbe rapidement l'acide carbonique, et ainsi en favorise le dégagement.

Il a été prouvé, dans ces derniers temps, que ce ne sont pas là les seuls phénomènes chimiques qui se produisent dans la contraction musculaire.

On sait aujourd'hui que les muscles, après s'être contractés longuement, réagissent sur le papier de tournesol, ce qui prouve qu'ils sont imprégnés d'un acide fixe qui ne peut être enlevé comme le gaz acide carbonique.

Les difficultés qui se rencontrent dans ces sortes d'analyses chimiques ont empêché jusqu'ici de savoir quel était cet acide, et de connaître les différences de composition chimique engendrées dans les muscles par la contraction. Mais il est certain, comme je m'en suis assuré plusieurs fois, qu'en faisant dissoudre dans l'eau les matières solubles contenues dans un certain poids de muscles pris sur des animaux tués après que ces muscles avaient été dans une grande activité, on obtient, en faisant évaporer cette solution, un résidu acide bien plus abondant que celui qu'on a en opérant également sur le même poids de muscles pris à des animaux laissés longtemps en repos.

Je ne veux pas terminer cette leçon sans vous donner un aperçu des tentatives faites pour pousser ces études plus avant et pour découvrir quelles sont les matières qui entrent dans un muscle et qui sont sujettes à l'oxydation et aux transformations chimiques qui accompagnent les contractions.

Les muscles étant formés principalement de fibrine ou de

exclusivement ces matières qui s'oxydaient dans la contraction en se convertissant en acide carbonique et en urée. On n'avait peut-être pas pensé que dans beaucoup d'animaux, chez lesquels le travail musculaire est énergique et continu, l'alimentation ordinaire ne se compose pas de matières azotées. Il arrive aussi, et c'est ce que nous voyons constamment, que les hommes qui endurent les plus grandes fatigues corporelles consomment moins de viandes que de liquides spiritueux. Dans l'ignorance où nous sommes sur la nature intime du mécanisme par lequel un muscle se contracte sous l'excitation des nerfs (car nous sommes encore loin de savoir comment se produit dans les muscles, et même dans d'autres machines, la transformation de la chaleur en travail mécanique, et *vice versâ*), il ne devait pas y avoir de difficulté absolue à admettre qne les mêmes matières qu'on appelle d'ordinaire aliments respiratoires, dans lesquelles il n'entre pas d'azote, et auxquelles on n'attribue que les effets calorifiques, puissent servir, par leur oxydation, à produire la puissance musculaire.

Deux physiologistes de Zurich, Fick et Wislicenus, ont voulu pourtant résoudre ce doute par une étude expérimentale, et ont, à cet effet, déterminé sur eux-mêmes la quantité d'urée qu'ils produisaient pendant que leurs muscles étaient en repos, et pendant qu'ils étaient obligés de soulever et de transporter leur corps à une certaine hauteur. De l'exercice fait ils déduisaient et calculaient en kilogrammètres le travail dynamique produit pendant ce temps, et de la quantité d'urée trouvée dans l'urine ils obtenaient la connaissance de la quantité de matières azotées oxydées et brûlées par eux pendant ces expériences. La conclusion fut que la combustion des matières albuminoïdes ou azotées ne pouvait être la seule source de la force musculaire, même en admettant que toute la chaleur ainsi développée se fût convertie en force musculaire. De là cette autre conclusion, que les aliments non azotés eux-mêmes, c'est-à-dire les corps gras ou les hydrates de carbone, entrent, par leur combustion, dans la production de cette force.

Un savant chimiste anglais, M. Frankland, a donné à ces observations plus de fondement en déterminant d'abord directement la quantité de chaleur que les différentes matières alimentaires développent en brûlant dans l'oxygène ; il est ainsi arrivé à établir que la combustion des matières azotées ne pourrait à elle seule expliquer la chaleur et le travail musculaire, et qu'il faut attribuer une grande partie de ses effets aux matières mêlées avec le sang, qui imbibent les muscles et les traversent en contenant principalement de l'hydrogène et du carbone. Suivant ces idées, la fibre musculaire agirait comme le matériel des chaudières et des pistons d'une locomotive, qui, par son usure, n'entre pas véritablement dans la production du travail et dans la transformation de la chaleur en mouvement.

Donders, dans un beau travail sur la relation entre le travail musculaire et la chaleur animale, cite des observations faites sur les aliments des insectes, qui prouvent que lorsque ces animaux sont dans une période de repos, ils ne se nourrissent que de matières albuminoïdes; tandis que quand ils sont en activité et travaillent, ils se nourrissent exclusivement de sucre et de gomme, c'est-à-dire de matières non azotées.

qu'on appelle énergie potentielle, c'est-à-dire l'énergie des actions chimiques qui s'éveillent au contact de l'oxygène, en force mécanique. L'excitation du nerf n'a donc d'autre effet que de provoquer cette transformation, et, ainsi que nous l'avons déjà dit, d'agir comme l'étincelle sur une masse de poudre fulminante.

La force mécanique des muscles dérive principalement de l'oxydation des matières non azotées contenues dans le sang, et non-seulement de l'oxydation de la matière musculaire elle-même, comme on l'avait cru d'abord. On ne doit donc pas admettre dans les muscles en activité une rénovation et une transformation beaucoup plus rapides que dans les mêmes muscles en repos.

N'oublions pas pourtant, quand il s'agit de phénomènes aussi complexes que le sont les fonctions des corps vivants, qu'on ne peut refuser complétement à l'oxydation de la matière musculaire une partie du travail mécanique produit par les muscles. En effet, dans les animaux nourris presque exclusivement de matières azotées, la production de l'urée augmente sans que le travail des muscles diminue ; et nous avons vu les muscles de la grenouille se contracter même quand on pouvait les considérer comme tout à fait privés de sang.

Rappelons-nous aussi que la transformation de l'énergie potentielle, c'est-à-dire des actes chimiques de la respiration, en pouvoir musculaire est constamment accompagnée d'une production de chaleur dans l'animal.

Je me flatte d'avoir réussi à vous montrer dans cette leçon, par des expériences rigoureuses, que nous sommes arrivés aujourd'hui à savoir ce qu'est, mécaniquement parlant, l'excitation que l'électricité et probablement tous les excitants déterminent dans un nerf, et de plus que les actions chimiques, les oxydations éveillées par cette excitation dans la substance musculaire, et surtout l'oxydation de certaines matières non azotées qui font partie du muscle, sont la véritable occasion de la chaleur animale et du travail musculaire. Des questions fort obscures s'élèvent à présent devant nous : Comment l'excitation du nerf détermine-t-elle ces oxydations, et comment ensuite ces oxydations se transforment-elles en force vive et en travail ? Ce sont les mêmes problèmes que nous avons encore à résoudre dans la machine à vapeur et dans les moteurs électro-magnétiques. Mais nous avons fait un pas immense en physiologie, en arrivant à poser aussi nettement ces problèmes, et à établir l'identité théorique de la machine animale et des machines motrices ordinaires.

Ch. Matteucci,
Sénateur et ancien ministre de l'instruction publique
du royaume d'Italie.

— Traduit par L. T. —

M. J. NICKLÈS

(vice-président de la section des sciences physiques).

Les nouveaux fluosels et leurs usages.

J'ai fait connaître, il y a quelque temps, une série de fluosels ou fluorures doubles, sur lesquels j'aurai à revenir par la suite. Dans le nombre figurent des composés que j'appelle *fluomanganites* (2), contenant le manganèse à l'état de perfluorure $MnFl^2$, correspondant au peroxyde, et les *sesquifluoferrates* (3), représentés par du sesquifluorure de fer Fe^2Fl^3, ou *acide sesquifluoferrique*, et un fluorure alcalin. L'heure étant déjà avancée, je ne m'étendrai pas sur le côté théorique de mes recherches, mais je vous ferai connaître quelques résultats auxquels je suis arrivé en étudiant ces combinaisons, et notamment les sesquifluoferrates, certain que ces résultats pourront être utilisés par l'analyse chimique non moins que par la pratique industrielle.

Les sesquifluoferrates s'obtiennent de deux manières :

1° Par l'union directe du sesquifluorure de fer avec un fluorure alcalin.

2° Par double décomposition, au moyen d'un sel ferrique et du fluorure de potassium :



$$Fe^2Cl^3 + 5KFl = Fe^2Fl^3,2KFl + 3KCl.$$



$$Fe^2O^3 3\bar{A} + 5AzH^4Fl = FeFl^3Fl^3,AzH^4Fl + 3AzH^4O\bar{A}.$$

Si l'on a employé du fluorure de potassium ou d'ammonium, le fluosel se précipite; cela n'arrive pas avec le fluorure de sodium, à moins de faire intervenir l'alcool, dans lequel le fluosel sodique est insoluble.

Quoique renfermant du fer dans une proportion qui, pour le sel ammonique, atteint 60 pour 100, les sesquifluoferrates ne sont précipités ni par le sulfocyanure de potassium, ni même par le tannin, et s'ils donnent du bleu de Prusse avec les ferrocyanures, ce n'est qu'autant qu'il ne se trouve pas un excès de fluorure alcalin en présence (4).

Voici en effet des expériences qui justifieront ces assertions. Quand on verse un sulfocyanure alcalin dans un sel à base de sesquioxyde de fer, on obtient le liquide rouge qui est connu sous le nom de « sang artificiel » (1). C'est du sulfocyanure ferrique qui se produit également, quand on expose à des vapeurs d'acide sulfocyanhydrique du papier portant des caractères tracés avec du perchlorure de fer.

Voici du papier sur lequel on a écrit avec ce chlorure. Le sel de fer ayant été employé en dissolution étendue, c'est à peine si l'on peut apercevoir les traits ; mais si j'expose l'écriture aux vapeurs qui se dégagent quand on jette quelques cristaux de sulfocyanure d'ammonium dans de l'acide sulfurique contenu dans ce verre à pied, aussitôt les caractères apparaissent en rouge, donnant ainsi lieu à une espèce d'en-

(1) Voyez ci-dessus, page 329, numéro du 25 avril 1868.

(2) Conf. : *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome LXV, page 109.

(3) *Journal de pharmacie et de chimie*, 4e série, tome VII, page 15.

(4) L'ammoniaque aussi est sans action quand le fluoferrate a été, au préalable, délayé dans du fluorure de potassium.

(5) Voyez *Revue des cours scientifiques* du 23 février 1866.

la belle couleur rouge du sang artificiel que nous avons développée sur cette assiette (1).

Je n'ai pas à insister sur la cause qui a amené ce changement de couleur : les équations que nous venons de donner en rendent suffisamment compte ; en présence du fluorure alcalin, il se forme un sesquifluoferrate très-peu soluble et dont la dissolution est incolore, si elle peut se former.

Si, à la place du chlorure de fer, je prends certains autres chlorures, du chlorure de cobalt par exemple, j'obtiens de même une coloration rouge au moyen du sulfocyanure d'ammonium. Elle est due au sulfocyanure de cobalt, depuis longtemps connu ; si nous traitons ce sulfocyanure comme nous avons traité le perchlorure de manganèse, c'est-à-dire par l'éther (2), il y aura un changement de couleur dénotant un changement survenu dans la combinaison : le liquide cobaltique deviendra d'un bleu intense rappelant le bleu de cobalt. Ajoutons maintenant du fluorure de potassium.... ; vous voyez que le bleu disparaît, et que nous retombons sur la nuance rose de la dissolution primitivement employée.

On arrive au même but avec du fluorure de potassium solide, ce qui prouve que c'est bien ce composé qui agit ici, et non pas seulement l'eau contenue dans le liquide qui le tenait en dissolution.

J'ai fait voir, l'an dernier (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome LXV, page 108), que le perchlorure de manganèse éthéré perd sa couleur en présence du fluorure de potassium, car il donne lieu à du fluoxymanganite $KFl,Mn(OFl)^2$, qui est rose ; en présence du sulfocyanure d'ammonium, c'est une combinaison rouge qui se produit, combinaison soluble dans l'éther, mais facilement destructible par le fluorure de potassium (3).

Les acides molybdique et tungstique en dissolution chlorhydrique donnent des résultats analogues, tandis que le protochlorure de manganèse se comporte tout autrement et ne donne lieu à aucune coloration, à moins qu'il ne contienne du cobalt, dans lequel cas on observe la coloration bleue dont il vient d'être parlé.

Si des sulfocyanures nous passons aux ferrocyanures, nous voyons se produire des effets du même ordre. Vous savez tous combien est sensible la réaction qui donne lieu à du bleu de Prusse. Voici une dissolution contenant du sesquichlorure de fer, la moindre trace de ferrocyanure de potassium, ou prussiate jaune, y développera une coloration d'un bleu intense que la teinture utilise depuis plus d'un siècle sous le nom de *bleu de Prusse* ou *bleu de Berlin*. On arrive à un résultat analogue au moyen du prussiate rouge et d'un sel à base de protoxyde de fer, ou encore, ainsi que nous allons le faire, en versant de l'acide sulfureux dans ce liquide préparé avec du prussiate rouge et un sel ferrique. Vous comprenez que l'acide sulfureux intervient ici à titre d'agent réducteur ; il fait passer le sel ferrique à l'état de sel ferreux, ce qui ramène

(1) On peut faire reparaître cette couleur au moyen de l'acide sulfurique, qui paralyse l'action du fluorure alcalin en le décomposant.

(2) *Revue des cours scientifiques*, 3e année, page 220.

(3) Le perchlorure de manganèse — obtenu en traitant de l'acide chlorhydrique fumant par du peroyde de manganèse — se décolore quand on y introduit des cristaux de sulfocyanure d'ammonium ; une addition d'éther n'y change rien, à moins qu'on n'ajoute de l'eau, qui développe immédiatement une belle couleur rouge.

cyanure de fer ou bleu de Prusse.

Il n'en est plus de même si à ces mélanges on associe du fluorure de potassium ; la réaction bleue cesse alors de se produire, mais l'acide sulfurique la fait reparaître évidemment, parce qu'il détruit le fluorure alcalin.

Le fluorure de potassium ne met aucun obstacle à la production du ferrocyanure de cuivre, qui se précipite à l'état de flocons rouges quand on verse du sulfate de cuivre dans du prussiate jaune. Mais un grand nombre d'autres polycyanures en sont décomposés : le platinocyanure de magnésium en est précipité en blanc en même temps qu'il perd son dichroïsme, et les beaux cristaux bleus de manganocyanure de potassium que M. Descamps vient d'obtenir (*Comptes rendus*, t. LXVI, p. 628) en sont détruits, même lorsqu'ils sont dissous dans un excès de cyanure alcalin.

A quoi bon toutes ces opérations ayant pour but de détruire de belles couleurs ou de les empêcher de se développer ? A quoi bon ces changements à vue, nous dira-t-on ? Bien qu'elle sonne fort mal aux oreilles des hommes de science, l'objection leur est familière. Des faits nouveaux surgissent, des erreurs se rectifient, l'histoire d'un corps simple se complète ; mais qu'importe au partisan du *cui bono*, du moment que ces produits du labeur humain ou ces conquêtes sur la nature n'ont pas un côté immédiatement applicable à nos besoins physiques.

On pourrait répondre qu'un fait nouveau étant acquis, nul ne saurait prévoir toutes les conséquences qui pourront en découler par la suite. C'est ainsi que le zinc, le platine, le sulfate de soude, le bichlorure d'étain, les acides arsénique, oxalique, et tant d'autres, ont attendu des siècles avant d'avoir pu être utilisés ; et que le sodium, le sulfure de carbone, le chloroforme, la benzine, l'aniline, etc., bons tout au plus, à l'*origine*, *à* intéresser quelques savants, n'ont pas perdu pour *attendre*, et donnent aujourd'hui pleine satisfaction aux utilitaires les plus exclusifs.

Dans l'espèce nous ne chercherons pas longtemps pour démêler le côté pratique des faits que je viens d'exposer. Quant à la théorie, elle y trouve ample satisfaction : elle y apprend que le composé fluoré Fe^2Fl^3, qui correspond au sesquioxyde de fer Fe^2O^3, est un véritable acide, tout comme le perfluorure de manganèse ou acide fluomanganeux, correspondant au peroxyde, MnO^2 ; que ces acides forment avec les fluorures alcalins de véritables sels, des *fluosels*, généralement peu solubles dans l'eau, et d'une telle stabilité, que leur formation peut avoir lieu même au détriment de combinaisons des mieux définies, même alors que, comme le bleu de Prusse, elles sont insolubles dans l'eau.

Rapprochant ces propriétés du sesquifluorure de fer et du perfluorure de manganèse de celles des composés halogénés correspondants, nous arrivons à cet autre résultat non moins intéressant pour la théorie, savoir : que la stabilité de ces sels, ainsi que leur tendance à former des acides, augmente comme l'équivalent diminue, et par conséquent qu'ils sont d'autant plus altérables, que leur équivalent est plus élevé.

Si, en effet, nous examinons à ce point de vue les combinaisons que le fer peut former avec les corps simples du groupe des chloroïdes, nous remarquons ceci :

Sesquibromure de fer, Fe^2Br^3. — Se décompose à chaud, dissout l'or (1), est indifférent à l'égard des bromures alcalins.

Sesquichlorure de fer, Fe^2Cl^3. — Ne se décompose pas à l'ébullition, ne dissout pas l'or, forme difficilement des chlorosels.

Sesquifluorure de fer, Fe^2Fl^3. — Résiste à une chaleur rouge, s'unit avidement aux fluorures alcalins, même au détriment de combinaisons déjà formées.

Pareil tableau est obtenu avec les composés halogénés du manganèse (2). Du periodure de manganèse MnI^2 au perfluorure $MnFl^2$, la progression se produit assez régulièrement : le premier s'altère sous les moindres influences, en perdant de l'iode qui dissout l'or ; de plus, il ne forme pas de combinaisons salines avec les iodures alcalins, tandis que le perfluorure de manganèse se comporte comme acide, forme des fluosels que j'appelle *fluomanganites*, et n'abandonne du fluor qu'à une haute température :

L'équivalent de l'iode étant.....	128
— du brome.........	80
— du chlore.........	35,5
— du fluor..........	19

On voit que l'état de condensation de la molécule représenté par le nombre proportionnel exerce une influence évidente sur la stabilité du composé, ainsi que sur sa tendance à former des acides.

Je n'insiste pas sur ces considérations et me hâte d'examiner la question au point de vue de ses rapports avec la vie ordinaire :

Voici divers papiers bruns, il s'agit de les mettre entre les mains des enfants. Sachant que depuis quelque temps on se sert pour le coloriage du papier d'une couleur brune préparée avec du « sang artificiel (3) » ; sachant, d'autre part, que les sulfocyanures sont vénéneux, il vous importe d'être fixés sur la nature du pigment qui colore ces papiers. Une goutte de fluorure de potassium vous édifiera bien vite ; vous voyez, en effet, la couleur disparaître sitôt qu'elle est touchée par ce réactif. Ajoutons qu'à défaut de fluorure, on arrive au même but en mouillant le papier avec un peu d'alcali volatil.

Voici maintenant une étoffe teinte en bleu ; il vous tarde de connaître la nature de la couleur employée : est-ce de l'indigo, du bleu d'aniline, du bleu de Prusse ? Le fluorure de potassium étant sans action sur les deux premiers, vous l'emploierez comme nous allons le faire : nous appuyons sur l'étoffe le bouchon du flacon contenant la dissolution du fluorure et nous dirigeons un jet de vapeur d'eau sur l'endroit mouillé ; une tache blanche apparaîtra aussitôt, attestant la présence du bleu de Prusse, que les fluorures alcalins décomposent, comme nous l'avons vu.

La production de cette tache blanche nous donne en même temps un exemple d'*enlevage* sur bleu de Prusse, qui pourra probablement être utilisé dans l'imprimerie sur étoffes.

Je suis loin d'avoir énuméré toutes les réactions qui peuvent se produire lorsqu'on attaque les sels de fer ou de manganèse par les fluorures alcalins ; à cet égard, je dois en référer

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXII, p. 755, et t. LXIII, p. 21.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 4ᵉ série, t. V, p. 162.
(3) *Journal de pharmacie et de chimie*, 4ᵉ série, t. VI, p. 78.

à mes publications (*Comptes rendus*, t. LXV, p. 108 ; *Journal de pharmacie*, VII, p. 15 ; *Americ. Journ. of science and arts*, vol. XLV, p. 66 ; *l'Institut*, juillet 1867). Un fait cependant mérite d'être rapporté ici : comme toutes les combinaisons ferriques, l'encre est détruite par le fluorure de potassium, et cela se fait instantanément, quand ce fluorure est acide ou qu'il se trouve à l'état de fluorhydrate, KFl, HFl.

Quand je dis l'encre, j'entends parler de ce liquide noir que l'on prépare depuis des siècles avec du vitriol vert et une décoction de noix de galle ; c'est l'encre « de la petite vertu », à tort ou à raison considérée comme un tannate de fer ; en un mot, l'encre de nos pères, avec laquelle tous tant que nous sommes ici, nous avons fait nos premières armes. Or, cette encre vénérable n'est plus seule en possession de desservir nos écritoires ; des rivales ont surgi, qui, mettant à profit les découvertes récemment accomplies dans le domaine des couleurs, ont détrôné le vitriol et la noix de galle au profit de l'aniline ou de l'indigo.

Voici une de ces encres ; je la mets en présence du fluorure de potassium acidulé, et je remarque qu'elle n'est pas décolorée : elle n'est donc pas à base de fer.

Voulez-vous donc savoir si une encre est de l'ancien régime, ou si elle date de la révolution économique accomplie par les couleurs d'aniline ? Traitez-la par du fluorure de potassium à excès d'acide fluorhydrique, ou tout simplement par du fluorure de potassium acidulé, la « petite vertu » ne résistera pas à ce réactif ; ce qui ne veut pas dire que ce vénérable auxiliaire de la pensée vaille moins que les encres modernes, car elle a sur celles-ci tout au moins un avantage, elle a pour elle l'expérience. Voilà, en effet, des siècles qu'elle nous sert, et quand, par hasard, il lui arrive de pâlir, sa trace ne se perd pas, car le fer du vitriol reste déposé sur les traits, ce qui permet de reconstituer facilement l'écriture.

Je n'examinerai pas ici ce que pourra devenir avec le temps l'écriture obtenue avec les encres à couleurs organiques. Restant dans mon sujet, je m'occuperai d'une question qui sera venue dans la pensée de plus d'un d'entre vous. Les experts atramentaires pourront-ils mettre à profit les expériences que nous venons de faire ? De quelle utilité ces opérations seront-elles pour constater un faux en écriture, une altération ou une surcharge ? Le sujet est délicat, et je n'entends pas le traiter à fond ; mais voici une expérience qui montre que les faussaires n'auront qu'à bien se tenir. Les traits qui se croisent sur ce papier ont été obtenus avec deux encres différentes, savoir : les lignes droites avec de l'encre à la noix de galle ; les courbes avec une encre moderne qui commence à s'introduire partout, et qui est à base de carmin d'indigo. Ces traits sont parfaitement secs, ils ont été tracés il y a déjà quelque temps. J'immerge le papier dans de l'eau contenant du fluorure de potassium acidulé, et je remarque que peu à peu l'encre des anciens temps disparaît, et que seules les courbes de l'encre moderne survivent, après avoir acquis une teinte d'autant plus révélatrice, qu'elle est devenue plus rouge.

Tels sont les faits qui se sont dégagés de l'examen des fluosels dont j'ai donné la composition. Ils ne sont pas seuls de leur espèce, et je n'ai pas non plus énuméré tous les services qu'ils semblent appelés à rendre ; mais au nombre de ceux-ci il en est un qui suffirait à lui seul à jeter sur eux un grand intérêt : c'est que dans des conditions déterminées, ils peuvent abandonner du *fluor ;* en sorte qu'à leur aide on pourrait enfin arriver à isoler ce corps simple tant poursuivi et tellement réfractaire à nos sollicitations, que c'est avec raison qu'on a pu l'appeler le « Messie des chimistes ».

J. Nicklès,

Vice-président de la section des sciences physiques,
Professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

L'Académie procède à l'élection d'un membre dans la section de chimie, en remplacement de M. Dumas. Les candidats, extrêmement nombreux, sont : En première ligne, M. Berthelot ; en seconde ligne, M. Cahours ; en troisième ligne *ex æquo*, MM. Cloez, préparateur au Muséum d'histoire naturelle, répétiteur à l'École polytechnique ; Debray, professeur au lycée Napoléon, essayeur à la Monnaie ; Friedel, conservateur des collections de minéralogie à l'École des mines ; Troost, professeur au lycée Bonaparte ; en quatrième ligne, *ex æquo* et par ordre alphabétique, MM. Bouis, chef des travaux chimiques à l'École impériale de médecine, essayeur à la Monnaie ; Caron, directeur du laboratoire du Comité du dépôt central d'artillerie ; Gautier, du laboratoire de M. Wurtz ; Lamy, professeur de chimie industrielle à l'École centrale des arts et manufactures ; Leblanc, répétiteur à l'École polytechnique et à l'École centrale ; de Luynes, professeur de chimie et de physique, suppléant de M. Pasteur à la Faculté des sciences de Paris ; Schutzenberger, du laboratoire de M. Balard.

Le nombre des votants est de 58, la majorité de 30. Avant le scrutin la salle est très-animée. M. Cahours est nommé au premier tour de scrutin par 38 voix contre 19 données à M. Berthelot.

— L'Académie procède à la présentation des candidats à la place devenue vacante au sein du Bureau des longitudes par la mort de M. Léon Foucault. M. Puyseux, professeur d'astronomie mathématique à la Faculté des sciences, est nommé premier candidat par 56 voix contre 1 donnée à M. Wolf, astronome titulaire à l'Observatoire impérial ; M. Wolf devient second candidat par 38 voix contre 15 données à M. Loewy, astronome à l'Observatoire impérial.

— M. Claude Bernard fait hommage à l'Académie, au nom M. Ernest Faivre, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, de son excellent volume intitulé : *La variabilité des espèces*. Nous avons déjà parlé de cet ouvrage, et nous n'avons pas besoin d'y revenir. M. Faivre admet, pour l'espèce, la variabilité ; mais il démontre, par les faits, que cette variabilité n'est pas absolue ; et il cherche à fixer ses limites par des connaissances positives et des expériences.

— On annonce pour lundi prochain la séance solennelle de l'Académie des sciences. M. Dumas, le nouveau secrétaire perpétuel, doit y lire un éloge de Faraday.

— M. Claude Bernard a été nommé, la semaine dernière, membre de l'Académie française en remplacement de M. Flourens.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 25 | 23 MAI 1868

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU 18 MAI 1868 (1).

M. DUMAS,
Secrétaire perpétuel.

Éloge historique de Faraday.

Au moment où l'Académie daignait m'appeler aux fonctions illustrées par Cuvier, et dont l'éclat s'est perpétué sous la longue possession de M. Flourens, elle m'imposait le devoir de préparer, pour une séance publique prochaine, l'éloge de l'un des membres qu'elle a perdus. J'aurais voulu préparer celui de mon éminent prédécesseur; mais le délai était trop court, et son souvenir, d'ailleurs, n'est pas de ceux qui s'affaiblissent; ses travaux ne redoutent pas l'épreuve du temps.

M. Flourens était entré à l'Académie des sciences il y a quarante années; il y remplaçait Bosc. Cinq ans après, il succédait comme secrétaire perpétuel à Dulong, qui, ayant recueilli pour quelques mois l'héritage de Cuvier, était forcé par sa santé chancelante d'en résigner le poids.

La lecture de l'ouvrage de M. Flourens sur les fonctions du cerveau, le mémorable rapport dont il fut l'objet de la part de Cuvier, avaient été comme un événement. Personne ne s'étonna donc de l'empressement avec lequel notre compagnie, forçant l'entrée de la section d'agriculture, y fit entrer un physiologiste, célèbre déjà, pour s'assurer sa coopération.

Au fauteuil de secrétaire perpétuel, qu'il a gardé pendant un tiers de siècle, M. Flourens a témoigné d'un zèle ardent pour les intérêts de l'Académie, d'un sentiment jaloux de la dignité des sciences et d'une préoccupation délicate des droits de ceux qui les cultivent.

Ayant à prononcer les éloges de Cuvier, de Geoffroy Saint-Hilaire, de Blainville, de Magendie, de Jussieu et de De Candolle, M. Flourens ne pouvait échapper au désir d'écrire l'histoire contemporaine de la science de l'organisation. Il a tracé en effet le tableau vrai du mouvement des idées au début de ce siècle, relativement au problème de la vie.

Faire la part de M. Flourens dans ces analyses fines, caractériser l'influence qu'il a exercée lui-même, c'est une œuvre qui réclame une longue étude. L'Académie veut que ceux qui l'ont honorée soient loués dignement; elle me pardonnera d'avoir ajourné ce devoir, et elle comprendra cependant que mon respect pour la mémoire de mon éminent prédécesseur m'obligeait à consacrer mes premières paroles à l'expression de nos regrets pour sa personne et de notre souvenir pour ses travaux.

S'il est toujours difficile de parler au nom de l'Académie, comment aborder sans trouble cette tribune accoutumée aux succès de la parole, lorsqu'on est obligé de l'aborder presque sans préparation?

Mais en retraçant devant vous la vie de Faraday, du savant le plus accompli que l'Académie ait possédé, de l'homme excellent qui faisait la gloire de l'Angleterre, et qui en France ne comptait que des amis, il me semble que l'affection dont il m'honorait me protége.

Michel Faraday, l'un des huit associés étrangers de l'Académie des sciences, avait succédé en cette qualité à son illustre compatriote Dalton, le créateur de la théorie atomique moderne. Il avait mérité cet honneur, le plus grand dont notre compagnie dispose, par des travaux et des découvertes qui ont rendu son nom populaire dans les deux mondes et qui lui assurent pour toujours une place parmi les grands inventeurs. Comme Dalton, Faraday avait eu des commencements modestes; sa vie n'avait de même connu d'autres devoirs que ceux qui se lient au culte de la science, et comme Dalton enfin, ses dernières années, condamnées au repos par les infirmités, furent honorées des témoignages du noble intérêt de la reine, interprète de la reconnaissance de l'Angleterre pour la plus pure de ses gloires scientifiques.

Je ne sais s'il existe au monde un savant qui ne fût heureux de laisser en mourant des travaux pareils à ceux dont Faraday a fait jouir ses contemporains et qu'il a légués à la postérité; mais je suis sûr que tous ceux qui l'ont connu voudraient approcher de cette perfection morale qu'il atteignait sans effort. Elle semblait chez lui comme une grâce naturelle, qui en faisait un professeur plein de feu pour la diffusion de la vérité, un artiste infatigable, plein d'entrain et de gaieté dans son laboratoire, le meilleur et le plus doux des hommes au sein de sa famille et le prédicateur le mieux inspiré au milieu de l'humble troupeau religieux dont il suivait la foi.

La simplicité de son cœur, sa candeur, son amour ardent de la vérité, sa franche sympathie pour tous les succès, son admiration naïve pour les découvertes d'autrui, sa modestie naturelle, dès qu'il s'agissait des siennes, son âme noble, indépendante et fière, tout cet ensemble donnait un charme incomparable à la physionomie de l'illustre physicien.

Nous nous étions rencontrés dans notre jeunesse, à une époque où l'un et l'autre nous en étions à nos débuts. Nous nous sommes retrouvés souvent, lorsque ses brillantes découvertes excitaient la curiosité universelle, et pourtant, dans le

(1) Voyez notre tome III, page 241, 10 mars 1866.

laboratoire intime, quand il reproduisait pour moi la suite de ses expériences fondamentales, je me surprenais à oublier la science pour observer le savant, distrait des merveilles qu'il dévoilait dans la nature physique, par le désir de surprendre le secret de cette perfection morale qui se manifestait dans tous les mouvements de son âme.

Je n'ai pas connu d'homme plus digne d'être aimé, d'être admiré, d'être regretté. Je voudrais conserver sa physionomie à cette existence si calme ; en tracer un tableau coloré serait la dénaturer. Il n'y eut pas de drame dans la vie de Faraday ; elle dut être présentée sous cet aspect simple qui en fait la grandeur. Il y a plus d'une leçon utile à recevoir de l'étude sincère de cet homme illustre dont la jeunesse traversa la pauvreté avec dignité, dont l'âge mûr supporta la gloire avec modération, et de qui les dernières années s'éteignaient doucement naguère, au milieu des respects et des plus tendres affections.

La fidélité à la foi religieuse et la constante observation de la loi morale constituent les traits dominants de sa vie. Sans doute, sa ferme croyance en cette justice d'en haut qui pèse tous nos mérites et en cette bonté souveraine qui pèse toutes nos souffrances, n'a pas inspiré à Faraday ses grandes découvertes, mais elle lui a donné la droiture, le respect de soi-même, la force contre ses propres entraînements et l'esprit de justice, qui lui ont permis de lutter avec confiance contre la mauvaise fortune et d'accepter la prospérité sans en être enivré.

Michel Faraday était né le 22 septembre 1791, à Newington-Butts, près de Londres.

L'humble condition de ses parents, aggravée par l'état maladif de son père, ne lui promettait qu'une existence précaire. Faraday, qui mérite d'être offert comme modèle à tout jeune homme obligé de vivre du travail de ses mains, n'a rien dû qu'à lui-même, à son courage, à sa persévérance, à son génie. Dans cette aristocratique Angleterre, où le sort l'avait fait naître, parti de la condition la plus déshéritée, il s'est placé, par l'éclat du talent, au niveau des puissants de la terre et des fortunes les plus hautes. La fierté du savant n'en a jamais souffert ; à l'exemple du prince Albert, ceux vers lesquels l'élevait la destinée savaient descendre avec grâce, lorsqu'il lui déplaisait de monter, et la rencontre s'opérait de la sorte sur le terrain neutre et libre de la science, où il ne connaissait pas de supérieurs.

Dès l'âge de treize ans, n'ayant pour tout bagage littéraire que l'instruction reçue dans une école élémentaire, la lecture, l'écriture et un peu d'arithmétique, Faraday entrait comme apprenti libraire et relieur dans une boutique de Blandford street. Comment le goût des sciences s'est-il développé dans cet enfant condamné aux soins matériels d'un apprentissage assujettissant ? Deux circonstances dignes d'être signalées en furent l'occasion : la lecture des ouvrages de madame Marcet ; l'impression produite par quelques leçons de Davy.

Mariée avec un médecin éminent, chimiste habile, madame Marcet, douée elle-même d'un rare mérite, rehaussé par la plus aimable distinction, avait écrit, sous le titre de : *Conversations sur la chimie*, un petit traité populaire, justifiant sinon par son éclat extérieur, du moins par son langage simple et naturel, l'insigne honneur qui lui a été accordé d'ouvrir au jeune Faraday la route de la science et de lui inspirer l'amour profond de la vérité ; genre de succès qu'on souhaite, sans l'espérer, à ces traités modernes plus brillan qui n'ont quelquefois de populaire que le nom.

Faraday ne se montra point ingrat ; il attribua toujours s goût pour les connaissances chimiques au soin qu'il avait n à constater par de petites expériences, chacune des ass tions du livre de celle qu'il nommait avec bonne humeur première institutrice, et quand les relations du monde rapprochèrent, loin de rougir de son humble enfance, pensées se reportant en arrière, il aimait, disait-il, à conte pler en elle le présent et le passé.

Près de huit années s'étaient écoulées dans cette situati à laquelle aucune issue ne semblait s'ouvrir, lorsque le jeu apprenti eut l'heureuse fortune d'être admis, par la recon mandation de l'un des membres de l'Institution royale, entendre les dernières leçons du cours que Davy professa dans ce célèbre établissement. Il en fit une rédaction atte tive, et il l'envoya à Davy, en le priant de l'aider à quitter commerce, qu'il détestait, et à se vouer à la chimie, qu' aimait. L'illustre chimiste lui répondit tout de suite; quelqu semaines après, il le fit nommer aide-préparateur, sans l soumettre à l'épreuve que lui conseillait Pepys, l'un des fo dateurs de l'Institution royale et savant distingué. « Que fair de ce jeune homme, disait Davy, en lui montrant la lettre d Faraday ; qu'en faire ? Le mettre à laver les capsules et le verres : s'il est bon à quelque chose, il le fera avec empresse ment ; s'il refuse, c'est qu'il n'est bon à rien. » Conseil tout an glais, fruit d'une grande pratique. Je ne chercherais pas loin mes exemples, s'il fallait prouver qu'on arrive plutôt à l'Académie des sciences en débutant au laboratoire pour y laver les verres qu'en y débutant avec prétention, comme un *génie* qui dédaignerait le matériel des expériences.

Davy n'imposa pas à Faraday ce noviciat ; seulement, comme le naïf apprenti relieur confessait avoir peu de goût pour son métier et s'excusait d'avoir l'ambition de s'enrôler sous le drapeau de la science, qui rend, disait-il, si aimable et si généreux tous ceux qui le suivent, il lui répondait : « Ne renoncez pas trop vite au commerce ; la science est une maîtresse exigeante, rude et peu généreuse. » Quant à l'idée que son jeune interlocuteur se formait de la supériorité morale des savants, elle le fit sourire, ajoutant qu'il laissait à l'expérience de quelques années le soin de l'éclairer. Hélas! sur ce point, ce fut Davy lui-même qui ne laissa rien à faire aux autres pour l'éducation de Faraday.

Je n'ai pas l'intention de retracer ici l'histoire complète des travaux de notre illustre associé. Au début de sa carrière, on rencontre de simples études; plus tard, au milieu de grandes pages, on retrouve des esquisses. *Travailler, achever, publier*, telles étaient sa règle invariable et sa devise. Publier tout ce que l'on considère comme nouveau et vrai, c'est en effet le devoir du savant ; mettre en lumière les conceptions qui caractérisent la méthode ou l'influence d'un grand inventeur, c'est le seul devoir de l'historien.

Faraday avait une méthode, et elle peut être recommandée avec confiance. Sa foi dans les hautes destinées de l'homme et la conviction qu'il lui est prescrit de s'approcher sans cesse de la lumière, donnait aux recherches scientifiques dont il s'occupait le caractère d'une mission sacrée. Il considérait l'expérience comme le moyen le plus sûr de découvrir ou d'affirmer des vérités ; et si j'empruntais le langage de la métaphysique, je dirais que personne n'a porté plus loin cet

mettre l'abstrait au contrôle du concret.

Une expérience presque insignifiante à l'origine finissait, de proche en proche, par l'élever aux plus hautes contemplations de la nature. On trouve un exemple saisissant de son procédé dans ses recherches sur la liquéfaction des gaz, son premier travail d'ensemble.

Lavoisier, cherchant quelles conditions peuvent accroître ou réduire la masse de l'atmosphère, suppose la terre transportée plus près du soleil, dans les chaudes régions où se trouve Mercure, par exemple, et fait voir que dans cette situation, l'eau se convertirait tout entière en vapeurs, ainsi que d'autres corps, et que l'air s'en trouverait augmenté. La terre serait-elle portée, au contraire, dans des régions très-froides, l'eau qui forme aujourd'hui nos fleuves et nos mers, et les liquides que nous connaissons, se transformeraient en montagnes ou rochers très-durs.

L'air, ajoute-t-il, ou quelques-unes de ses parties cesseraient alors d'exister dans l'état de vapeurs élastiques, faute d'un degré de chaleur suffisant, « et il en résulterait de nouveaux liquides dont nous n'avons aucune idée ».

Il appartenait à Faraday de réaliser par les expériences les plus brillantes ces dernières suppositions de Lavoisier, et de convertir presque tous les gaz connus en liquides, dont les propriétés extraordinaires avaient échappé en effet à toutes les prévisions.

Le chlore se dissout dans l'eau. A quelques degrés au-dessus de zéro, la liqueur se congèle, et il s'en sépare une neige jaunâtre contenant à peu près en poids un quart de chlore et trois quarts d'eau. Voilà l'humble point de départ de ses belles découvertes.

Faraday prend cette matière, en remplit un tube de verre, le ferme hermétiquement, et le plonge dans de l'eau tiède. Le composé neigeux, formé d'eau et de chlore, se fluidifie, et les *deux corps* qui le formaient se séparent. L'eau reprend sa forme liquide ordinaire. Mais le chlore devenu libre, ne trouvant pas le large espace dont il aurait besoin pour se convertir en gaz, comprimé par sa propre vapeur, se change pour la plus grande partie en un liquide jaune pâle, très-mobile.

Faraday ne tardait pas à réaliser la liquéfaction d'un grand nombre de gaz par ce procédé si simple. Il renfermait dans des tubes de verre de faible capacité les substances solides ou liquides capables de fournir un grand volume de gaz. Il les forçait à réagir dans cet espace étroit, et le gaz se liquéfiait en se produisant. Mais, chacun comprendra sans peine que ces tubes composaient une artillerie toujours près de gronder, et que, pour reconnaître les propriétés de ces dangereux liquides, mesurer la pression de leur vapeur à diverses températures, déterminer leur densité, les étudier, en un mot, dans tous leurs détails, il fallait une rare dextérité. Faraday était à la fois hardi et prudent ; il eut à subir beaucoup d'explosions dans cette longue et difficile investigation ; il n'eut à regretter aucun accident, ni pour lui-même ni pour les autres, en vrai chimiste qui n'a peur de rien et qui se défie de tout.

Plus tard il complétait ces études en associant le refroidissement à la pression. Les expériences de Thilorier sur l'acide carbonique, celles de notre savant confrère M. Bussy sur l'acide sulfureux, celles que j'ai moi-même effectuées sur le protoxyde d'azote, celles de M. Carré sur l'ammoniaque et tant quelques traits au tableau tracé par Faraday, ont permis d'en manifester, sous une forme plus saisissante et plus populaire, les conséquences inattendues que Lavoisier, parmi les anciens, semble seul avoir entrevues.

En effet, tous ces gaz liquéfiés par la pression, par le froid ou par l'action combinée de ces deux moyens, constituent des liquides d'une mobilité et d'une fluidité extraordinaires, à côté desquels l'eau semble sirupeuse, l'alcool ou l'éther lui-même des liqueurs visqueuses, lentes à reprendre leur niveau.

Chauffés dans des espaces fermés, ces liquides se changent en gaz aussi denses que les liquides d'où ils proviennent. Chauffés dans des espaces plus libres, ils se dilatent autant ou même plus que les gaz, jusque-là les plus dilatables des corps.

Mais, ces gaz liquéfiés par des compressions égales à trente ou quarante fois celle de notre atmosphère, capables de briser les vases de métal qui les renferment, même les plus résistants, ne devaient-ils pas produire tous d'épouvantables explosions, dès qu'ils seraient soustraits à la pression sous laquelle ils avaient pris naissance ? Comment ne pas s'y attendre ? L'expérience était-elle même nécessaire à tenter ?

Le protoxyde d'azote liquide, qu'on n'a manié d'abord qu'avec une circonspection extrême, peut être versé cependant comme de l'eau, à l'air libre, d'un vase dans un autre, bien loin d'être détonant. L'observateur a le loisir, pendant des heures entières, d'en étudier les propriétés sous cette forme liquide.

Versé dans un verre à vin de Champagne, il en offre l'aspect, mais avec des circonstances étranges. Si l'on y fait couler du mercure, celui-ci non-seulement se gèle à l'instant mais il y prend la consistance, la blancheur et la ténacité de l'argent en barre. Un charbon allumé, jeté sur le liquide, y brûle au contraire avec le plus vif éclat. A la distance de l'épaisseur du doigt, dans le même vase, on trouve donc réunies des températures tellement basses, qu'aux abords des régions polaires on ne les a jamais observées, et des températures tellement élevées, que le feu de forge le plus ardent ne les réalise pas.

L'acide carbonique, à son tour, se liquéfie facilement, et produit un liquide incolore qu'il convient de former ou de conserver dans des vases d'une solidité à toute épreuve, car la tension de la vapeur qui les presse peut les faire éclater comme un obus, tuant et détruisant tout dans leur voisinage.

Cependant on convertit à volonté ce liquide en un solide transparent comme la glace, ou en une masse blanche et légère comme la neige. Sous cette dernière forme, on conserve à l'air l'acide carbonique solide aussi facilement que la neige ordinaire. De telle sorte que l'acide carbonique, ce gaz permanent, ce liquide aussi redoutable, à la température ordinaire, dans les vases qui le recèlent, que l'eau chauffée à 200 ou 300 degrés dans une chaudière, devient, sous sa forme solide, le plus pacifique des corps. Une boule de neige carbonique, enveloppée d'un linge, serait portée d'une extrémité de Paris à l'autre sans plus de soin que la boule de neige aqueuse, à laquelle elle ressemble.

Les expériences de Faraday confirment donc les vues de Lavoisier sur les caractères imprévus qu'offrent les liquides produits par les gaz refroidis. Elles confirment aussi l'antique classification de la matière : terre, eau, air et feu, qui en représentait les quatre qualités : solide, liquide, gaz et chaleur.

Car Faraday a forcé tous les gaz connus à changer d'état, six exceptés. Ce sont les moins solubles dans l'eau : l'hydrogène, l'azote et l'oxygène ; l'hydrogène protocarboné, le bioxyde d'azote et l'oxyde de carbone. Ces six gaz, en outre, entrent, par eux-mêmes ou par leurs éléments, directement ou indirectement, dans la trame solide des tissus organisés, et dans les liquides qu'ils emprisonnent ; comme si le procédé de la vie, cherchant l'obstacle, aimait à s'exercer sur des produits particulièrement rebelles à l'assimilation.

L'air est donc formé de deux des éléments qui ont résisté à la liquéfaction et à la solidification : l'oxygène et l'azote. Or, si les deux éléments de l'air étaient liquéfiables, ils seraient solubles, et l'eau des mers aurait dissous presque tout l'air qu'exige notre propre respiration. La vie des habitants de l'onde y aurait gagné peut-être, mais celle des êtres qui peuplent la surface de la terre en serait devenue impossible. Mais rassurons-nous, l'air a été soumis par Faraday à la pression de 50 atmosphères, c'est-à-dire à celle d'une colonne d'eau six ou sept fois égale à la hauteur du Panthéon, en même temps qu'il était refroidi à 110 degrés au-dessous de zéro ; d'autres expérimentateurs ont doublé cette pression : jusqu'ici personne n'a vu l'air liquéfié.

En liquéfiant ou en solidifiant les gaz, Faraday a mis à la disposition des observateurs les agents propres à réaliser des températures excessivement basses. L'acide carbonique neigeux, mouillé d'éther, forme un bain à 88 degrés au-dessous de zéro. Le protoxyde d'azote liquide se maintient à une température constante de 90 degrés au-dessous de zéro. Lorsqu'on active l'évaporation de ces substances, en les plaçant dans le vide, on obtient même un abaissement de température qui peut atteindre 100 ou 110 degrés au-dessous de la glace fondante.

Ces liquides ou ces solides ainsi refroidis cautérisent la peau comme un fer brûlant. Un métal froid qu'on y plonge produit le cri du fer rouge qu'on trempe dans l'eau. Une affusion d'eau froide les transforme tout à coup en gaz, tandis que l'eau se gèle elle-même avec une vive explosion.

L'imagination du Dante ne s'est pas élevée au niveau de la réalité, et le grand poëte de l'Italie aurait trouvé, comme on voit, près de nos laboratoires plus d'un trait digne de prendre place dans la description du neuvième cercle de l'enfer, à côté de l'épisode d'Ugolin, et d'ajouter à son horreur. Il est vrai que pour un Florentin, accoutumé au plus doux climat, le séjour éternel dans un bain de glace a pu paraître suffisant pour caractériser la plus dure des peines infligées aux réprouvés.

Au premier abord, ce résultat secondaire de la liquéfaction des gaz semblerait d'un mince intérêt. Pourtant il devient de grande conséquence, lorsqu'on réfléchit combien sont restreintes nos ressources pour réaliser de basses températures. S'agit-il de chauffer les corps, nous avons divers moyens d'atteindre 2000 degrés au moins, c'est-à-dire de parcourir vingt fois le chemin qui sépare la glace fondante de l'eau bouillante. S'agit-il de les refroidir, nous ne dépassions pas naguère 50 degrés au-dessous de zéro ; c'est Faraday qui nous a donné le moyen de descendre un peu plus, et d'aller au delà de 100 degrés.

Qu'arriverait-il si nous pouvions atteindre 2000 degrés au-dessous de zéro ? Nous ne le savons pas. Remarquons seulement que, si en comprimant un gaz on le liquéfie, les pressions les plus extrêmes ne font guère passer un corps de l'état liquide à l'état solide, comme s'il appartenait surtout au froi[d] de solidifier les corps et d'immobiliser, en apparence a[u] moins, leurs molécules, si agitées dans les gaz, si mobile[s] dans les liquides. Nous avons donc encore beaucoup à ap[prendre] sur les effets du froid, et découvrir une source inten[se] de froid serait aussi profitable pour la science qu'il l'a ét[é] pour elle de posséder une source violente de chaleur.

Au commencement du siècle, on croyait au froid absol[u]. On n'hésitait pas à dire que si les corps pouvaient être re[froidis] jusqu'à 267 degrés au-dessous de la glace fondante[,] passé ce terme, ils ne perdraient plus de chaleur.

Comme la chaleur est un mouvement, tout mouvement ces[serait] serait donc à 267 degrés. Aucun des phénomènes actuels n[e] peut nous donner une idée de ce que deviendrait la matière, si elle cessait d'être soumise à l'action de la chaleur, qui en agite les dernières particules. Nous apprécions l'existence de la chaleur sans matière, dans le vide parfait. La matière sans chaleur nous est inconnue. Rien ne prouve que le zéro absolu existe et surtout que nous en ayons autant approché ; et si quelques géomètres en supposent l'existence pour un gaz parfait et pour un état limite, ils savent du moins qu'ils font une hypothèse, et ils n'envisagent plus cette expression comme une réalité physique.

Enfin, on croyait que les gaz liquéfiés offriraient, en les exagérant, les propriétés chimiques qui les distinguent à l'état ordinaire ; les particules qui les constituent, après s'être rapprochées, devaient montrer une grande exaltation dans leurs affinités. Il n'en est rien. Les substances les plus inflammables, telles que le sodium, subissent sans brûler le contact des liquides les plus comburants, tels que le protoxyde d'azote. L'antimoine, métal qui prend feu vivement dans le chlore gazeux, reste intact et brillant dans le chlore liquéfié, avec lequel il ne se combine plus. On serait tenté de dire : C'est absurde ; mais c'est vrai !

C'est ainsi que les découvertes de la science apprennent la circonspection, et c'est ainsi que ceux dont l'expérience est la plus étendue, sont ceux qui savent le mieux dire avec sincérité et simplicité : Je ne sais pas. Faraday, qui professait que tout est possible, ne craignait pas, du reste, de soumettre à l'épreuve l'absurde lui-même. Seulement, il savait voir ce qui s'était passé, et savoir voir est le premier secret des grands chimistes.

Lorsque Faraday tentait, il y a quarante-cinq ans, l'épreuve qui amena la liquéfaction du chlore et qui devint l'occasion d'études et de découvertes de l'ordre le plus élevé, il en était à ses débuts. Davy jouissait de tous les honneurs. Personne ne comprit donc que l'illustre président de la Société royale de Londres crût nécessaire au soin de sa gloire de constater, dans une note expresse, qu'il avait conseillé lui-même à son assistant de soumettre à cet essai le composé de chlore et d'eau. Sans grandir le maître, qui ne pouvait plus l'être, cette note semblait écrite pour amoindrir le disciple et pour le décourager.

Je n'apprends rien à mes contemporains si j'ajoute qu'après l'avoir accueilli dans le laboratoire de l'Institution royale, Davy reconnut trop tard le génie du jeune Faraday. Il n'eut pas pour lui les égards que tout homme voué au culte de la science doit accorder si volontiers à celui qui s'y distingue. Il se souvint que, dans les colléges anglais, les élèves jeunes, esclaves des anciens, leur doivent la plus dure obéissance et le service domestique. Reste de barbarie qui ne trouve pas

santes et les cadets du pauvre gentilhomme.

Mais, voyageant sur le continent pendant la guerre, admis à parcourir, par une faveur unique et spéciale de Napoléon Ier, la France et l'Italie, Davy, objet de l'attention et de la curiosité générales, fut jugé plus sévèrement qu'à Londres. Son aide de laboratoire, longtemps avant d'avoir conquis sa grande célébrité par ses travaux, s'était fait par sa modestie, sa douceur et son intelligence, les amis les plus dévoués à Paris, à Genève, à Montpellier. Parmi eux, j'aime à citer au premier rang M. de la Rive, chimiste distingué, père du physicien illustre que nous comptons parmi nos associés étrangers. Les bontés dont il entoura ma propre jeunesse n'ont pas peu contribué à nous unir, Faraday et moi. Nous aimions à nous rappeler que nous nous étions connus sous les auspices de ce savant affectueux et serviable, dont l'exemple disait si bien que ce n'est pas la science qui dessèche le cœur. J'aime à rappeler aussi qu'à Montpellier, au foyer hospitalier de Bérard, l'associé de Chaptal, père du doyen de nos correspondants, Faraday a laissé des souvenirs pleins d'une sympathie toujours vivante, que son maître n'avait pas su s'y concilier. On admirait Davy, on aimait Faraday.

Faraday n'oublia jamais ce qu'il devait à Davy. Me trouvant chez lui, au déjeuner de famille, vingt ans après la mort de ce dernier, il remarqua sans doute que je répondais froidement à quelques éloges que le souvenir des grandes découvertes de Davy venait de provoquer de sa part. Il n'insista point. Mais, après le repas, il me fit descendre sans affectation à la bibliothèque de l'Institution royale, et, m'arrêtant devant le portrait de Davy : « C'était un grand homme, n'est-ce pas? » me dit-il; et se retournant, il ajouta : « C'est là qu'il m'a parlé pour la première fois. » Je m'incline. Nous descendons au laboratoire. Faraday prend un registre, l'ouvre et désigne du doigt les mots inscrits par Davy au moment précis où, sous l'influence de la pile, il venait de décomposer la potasse et de voir apparaître le premier globule de potassium que la main de l'homme ait isolé. Autour des signes techniques qui formulent sa découverte, Davy a tracé d'une main fiévreuse un cercle qui les détache du reste de la page; les mots *capital experiment*, qu'il a écrits au-dessous, ne peuvent être lus sans émotion par aucun vrai chimiste. Je m'avouai vaincu, et je me mis pour cette fois, sans plus hésiter, à l'unisson de l'admiration de mon excellent ami.

Faraday, comme on le voit, se souvenait des leçons de Davy; il gardait la mémoire de ses grandes découvertes, il lui pardonnait son orgueil.

Nous ne sommes pas tenus à la même vertu. A Davy, convaincu que la science ne suffisait pas pour rapprocher les distances, j'aime à opposer Cuvier, grand comme lui par son génie, ennobli comme lui par son prince, et entouré par l'universel respect de tous les prestiges.

Cuvier traitait tous les savants comme des égaux; il voulait être traité par eux de la même manière. Je le vois encore, discutant avec un jeune naturaliste un point d'anatomie, et soutenant son avis sans prétention, tandis que son interlocuteur, à chaque phrase, répétait : « Monsieur le baron! monsieur le baron! — Il n'y a pas de baron ici, lui dit doucement Cuvier, il y a deux savants cherchant la vérité et ne s'inclinant que devant elle. »

Qu'un apprenti qui a souffert devienne un maître exigeant

vanche contre les premières rigueurs de la vie.

Il avait un assistant aussi, Anderson, le fidèle Anderson, tellement identifié avec son maître, qu'on aurait dit deux hommes mus par une seule volonté, agissant d'accord sans s'être concertés, et n'ayant plus besoin de parler pour se comprendre. Pour Anderson, ébloui de ses découvertes et reconnaissant de sa cordialité, Faraday n'était plus un homme, n'était plus un professeur, c'était Faraday, l'astre de l'Angleterre, dont il était heureux et fier de rester toujours l'humble satellite.

Faraday avait donné sa mesure par ses belles et difficiles recherches sur la liquéfaction des gaz; bientôt il fut entraîné dans le mouvement qui se produisait vers l'étude de l'électricité, par suite de la célèbre découverte d'Œrsted et des grands travaux d'Ampère.

Ce moment est plein d'intérêt pour l'histoire de la science; il fait époque dans les souvenirs des anciens membres de cette Académie, car il marque la fin d'une grande école et l'apparition d'une ère nouvelle. Le succès avec lequel les phénomènes célestes avaient été soumis au calcul avait fait illusion ; les géomètres avaient cru pouvoir saisir avec la même autorité et faire rentrer dans leur domaine la physique tout entière, en attendant que la chimie et les sciences naturelles eussent leur tour. La chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, considérés comme autant de matières impondérables distinctes; les propriétés des corps pesants, tout était rangé sous des lois énoncées avec une autorité mathématique si ferme, qu'on se sentait découragé de rien entreprendre, comme si la science eût prononcé son dernier mot. Ce but, qu'ils croyaient avoir touché, s'est éloigné cependant à mesure que nous avancions; aujourd'hui nous ne l'apercevons même plus, et tout le monde convient que l'expérience sera longtemps encore le guide le plus sûr et la méthode la plus féconde.

Les découvertes d'Œrsted et d'Ampère, montrant que le magnétisme et l'électricité se transforment l'un en l'autre, comme deux modifications d'un même mode de mouvement; celles de Fresnel, établissant que la lumière est un mouvement aussi, et non une émission matérielle, comme le pensait Newton et comme le professaient ses interprètes, furent, au sein de notre Académie, l'occasion de débats qui émurent l'Europe. Faraday prit parti pour la nouvelle école, et il en est devenu l'un des plus brillants fondateurs par ses admirables travaux.

Pour les faire connaître, il faudrait écrire un traité complet d'électricité. Il n'est pas un seul point de cette branche de la science que Faraday n'ait sondé, perfectionné ou transformé. Il en est beaucoup qu'il a créés et qui lui appartiennent sans contestation.

Je ne puis donc le suivre dans cette immense suite de recherches auxquelles il a consacré vingt-cinq années d'un travail assidu. Je choisis parmi ses découvertes, et, sans m'astreindre à l'ordre chronologique, je les consigne ici dans l'ordre naturel.

Vers 1789, Galvani, professeur de physique à Bologne, poursuivant, comme on sait, des expériences relatives à l'action de l'électricité sur les animaux, disposait pour ces essais des cuisses de grenouilles suspendues à un crochet de cuivre,

qui fut employé fortuitement à les suspendre à un balcon de fer. Le contact du fer et du cuivre déterminait des convulsions vives et répétées dans les membres de la grenouille, qu'on voyait rebondir dès que leur poids les ramenait au contact du fer. Galvani reconnut que les convulsions se produisent toujours lorsqu'on établit une communication métallique entre les nerfs et les muscles de la grenouille.

Volta, s'emparant vivement du sujet, fit voir qu'autant les convulsions sont incertaines, peu intenses et fugitives, lorsqu'on emploie un seul métal pour mettre les nerfs et les muscles en rapport, autant elles sont promptes, vives et persistantes lorsque l'arc métallique est formé de deux métaux différents.

Galvani considéra ces phénomènes comme étant dus à une électricité animale dont les muscles et les nerfs étaient le siége, et à laquelle l'arc métallique livrait passage. Volta les attribua, de son côté, à une électricité physique qui prenait naissance au contact de deux métaux différents, quels qu'ils fussent. L'Europe savante fut longtemps indécise.

Le temps a démontré qu'ils avaient tous deux raison. Les muscles produisent, jusqu'à extinction complète de leur excitabilité, une quantité d'électricité dont l'appréciation et la mesure ne sont plus l'objet d'un doute. D'autre part, deux métaux plongés par un bout dans une eau acide ou saline, et mis en contact par leurs surfaces libres, excitent un mouvement électrique considérable.

Tout le monde sait que la pile de Volta, découverte sur ces entrefaites, fut d'abord formée de disques de cuivre, de zinc et de drap mouillé, rangés dans cet ordre en grand nombre, comme une colonne ou pile de monnaie, et que les deux électricités de nom contraire s'observent, condensées aux deux bouts ou pôles de la pile. Qu'on ait augmenté tantôt la surface, tantôt le nombre des plaques de métal, et qu'on se soit servi de liqueurs acides ou salines plus excitatrices que l'eau, peu importe. Mais réunit-on les deux pôles de la pile avec un fil métallique, celui-ci s'échauffe, rougit, brûle ou fond; il attire la limaille de fer et dévie la boussole, se comportant à la fois comme un émissaire de chaleur et de magnétisme. Si l'on coupe le fil de métal et qu'on en rapproche les extrémités sans les joindre, un composé, placé dans l'intervalle libre, est presque toujours ramené à ses éléments, et tout être vivant mis en communication avec eux est frappé de convulsions.

Il est intéressant de se reporter aux souvenirs d'une époque où les professeurs de physique exposaient à leur auditoire étonné la théorie mystérieuse de la pile voltaïque : le simple contact de deux métaux, qui ne perdaient ni ne gagnaient rien, faisait néanmoins sortir de cet appareil magique, disaient-ils, des effluves capables de rivaliser avec l'éclat du soleil, pour la lumière; avec les combustibles les plus énergiques, pour la chaleur; avec les affinités les plus puissantes, pour les décompositions chimiques; propres même à faire reparaître, pour quelques instants, le mécanisme de la vie dans un cadavre inanimé.

Toutes ces énergies seraient nées de rien! Mais l'homme tirait donc du néant la lumière, la chaleur, le magnétisme, la puissance mécanique, les forces chimiques, et sinon la vie elle-même, du moins une image assez fidèle de la vie pour autoriser les rêves les plus audacieux. Dans les confidences du laboratoire, dans ces causeries intimes où de tout temps les illusions ont trouvé place à côté des vérités, les uns se demandaient alors si l'homme n'était pas armé d'un instrumen qui allait lui assurer une jeunesse éternelle; les autres, s'i n'avait pas retrouvé ce feu du ciel au moyen duquel l'argil allait s'animer sous la main d'un nouveau Prométhée.

Une science vraie a soufflé sur les bulles de savon de cett science fausse, et elles se sont dissipées. Un de nos plus éminents confrères, M. Becquerel l'ancien, qui semblerait avoi trouvé, au moins pour lui-même, dans l'étude persévérant de l'électricité, le secret de garder à l'abri des atteintes d l'âge la santé du corps et la vigueur de l'esprit, a frappé le premiers coups sérieux sur cette théorie mystique du contact. Il appartenait à Faraday de lui porter les derniers.

Au moyen d'une suite d'expériences dirigées avec une profonde connaissance des règles de la chimie la plus sûre, Faraday a mis au rang des vérités les mieux démontrées les principes suivants :

Toute action chimique est accompagnée d'un dégagement d'électricité; le courant électrique naît dès que l'action chimique commence, et il cesse dès qu'elle s'achève; il s'affaiblit ou s'exalte, selon qu'elle augmente ou qu'elle diminue; sa direction change si le sens de l'action chimique est lui-même renversé.

Enfin, le seul contact de deux métaux, quels qu'ils soient, ne développe jamais d'électricité en quantité suffisante pour en faire une source utile, si tant est qu'il en produise quelques traces, comme le pensent certains physiciens qui, du reste, ne veulent plus qu'elle y naisse de rien, tant faible soit-elle.

Si la source de la force de la machine à vapeur est dans la houille que son foyer brûle, la source de la force de la pile de Volta provient donc du zinc que brûlent les acides dans chacun de ses couples.

L'expérience primitive de Galvani s'explique à son tour lorsque l'on reconnaît que la source de la force qui agite les membres de la grenouille réside dans les matières combustibles contenues dans leurs muscles et qui y sont brûlées par l'oxygène de leur sang.

Il n'y a donc ni électricité de contact vraiment pratique, ni électricité animale; les deux faits découverts et analysés par les savants italiens étaient des cas particuliers d'une loi générale : Toute combustion, ou plutôt toute action chimique, qu'elle s'opère dans les corps bruts ou dans les organes d'un être vivant, développe de l'électricité.

Non-seulement Faraday a reconnu et mis en évidence l'origine certaine de la force électro-motrice de la pile, mais il a découvert la loi suivant laquelle s'opèrent les décompositions chimiques qu'elle produit.

Personne n'ignore qu'il existe des procédés au moyen desquels M. Jacobi est parvenu à forcer le cuivre dissous dans les acides à reprendre sa nature métallique, à se déposer dans des moules, à y revêtir les formes délicates et correctes de la statuaire et de l'ornementation. Personne n'ignore que MM. Elkington et de Ruolz ont créé une industrie nouvelle, en dirigeant sur des objets de cuivre, de laiton, de bronze ou autres alliages vulgaires, des métaux précieux, tels que l'or et l'argent, qui s'y appliquent étroitement, les enveloppent et les protégent contre les altérations extérieures.

C'est la pile de Volta qui opère ces miracles de l'industrie moderne. Avec elle, dans l'art de mouler les métaux, les dissolvants aqueux jouent le rôle qui appartenait jadis à la fusion ignée : Neptune a détrôné Vulcain.

dépôt d'un kilogramme de cuivre dans la galvanoplastie, d'un kilogramme d'or ou d'argent dans la dorure ou l'argenture électriques? Comment apprécier, comment peser cette électricité?

D'une manière absolue, il n'y faut pas songer. L'homme ne connaît que des rapports; il ne lui est permis de rien affirmer d'une manière absolue, dès qu'il s'agit de la science de la nature.

Toute mesure s'effectue par comparaison : un corps pesant, par son équilibre avec un autre corps pesant; un corps chaud ou froid est comparé à l'eau qui bout, à la glace qui fond, au mercure qui gèle; la force, à une résistance; le temps se mesure à la marche ou au retour des astres.

La quantité d'électricité nécessaire pour dégager un corps des liens d'une combinaison ne peut se mesurer de même qu'en prenant un autre corps pour terme de comparaison.

Faraday a choisi pour étalon, dans son voltamètre, la force décomposante de l'électricité, appliquée à l'eau commune. La quantité d'électricité capable de décomposer 9 kilogrammes d'eau et d'en séparer ainsi 1 kilogramme d'hydrogène sépare de leurs oxydes respectifs 32 kilogrammes de cuivre, 59 kilogrammes d'étain, 104 kilogrammes de plomb, 108 kilogrammes d'argent, etc., c'est-à-dire une molécule chimique de chacun de ces corps.

Cette belle relation, découverte par Faraday, développée par notre savant confrère M. Edmond Becquerel et par M. Matteucci, prouve donc que pour des combinaisons de même ordre, une molécule exige, quel que soit son poids, la même quantité d'électricité pour sa libération : 1 seul kilogramme d'hydrogène en consomme autant que 108 kilogrammes d'argent.

Faraday, complétant sa pensée, prouve de plus que l'électricité mise en mouvement par une molécule de zinc, *consommée dans* la pile pendant sa conversion en oxyde de zinc, *représente* celle qu'une molécule de tout autre métal ou une *molécule* d'hydrogène exigeraient pour leur libération, s'il s'agissait de les séparer de leurs oxydes. La réaction est égale à l'action, axiome que Faraday a mis plus que personne souvent à profit.

Dieu a tout fait avec nombre, mesure et poids. Ces paroles du livre de la *Sagesse* datent de trois mille ans, et les chimistes y trouvent toujours l'expression fidèle des harmonies observées de nos jours dans le nombre des particules qui composent les corps, dans leur volume et dans leur poids.

Faraday ajoute quelque chose de nouveau à la formule antique; il nous apprend que toutes les molécules du même ordre ont besoin, quels que soient leur nature, leur forme, leur poids et leurs qualités spécifiques, qu'on emploie la même quantité de force pour river ou pour briser les chaînes qui les fixent dans les liens d'un composé.

Ces lois rendent à la fois l'étude de la science de l'électricité attrayante et ses applications faciles. Elles ont le double mérite de saisir vivement, par leur clarté, l'esprit des élèves sur les bancs de l'école, et de fournir au praticien, dans les ateliers, la mesure des forces qu'il emploie.

Nous allons pénétrer maintenant dans le cercle des travaux que Faraday a consacrés à l'électricité induite. Partout il serait juste, mais à la place où j'ai l'honneur de parler il est de mon devoir de débuter par un hommage rendu à l'une des plus belles découvertes d'Arago.

précédé une invention ignorent combien d'insomnies ont payé cet éclair qui dissipe le nuage. Il me semble encore voir Arago, occupé d'une belle boussole qu'il avait demandée à Gambey, en surveillant la construction, annonçant son installation, point de départ d'une série nouvelle d'observations magnétiques. Toutes les précautions avaient été prises; la monture, de cuivre rouge absolument exempt de fer, était assez massive pour assurer la parfaite stabilité de l'appareil. A peine Arago avait-il reçu cet instrument si désiré, qu'en sortant de sa leçon à l'École polytechnique, il entrait dans mon laboratoire, voisin de son amphithéâtre. « La chimie, me dit-il brusquement, ne peut donc pas reconnaître la présence du fer dans un barreau de cuivre rouge? — Comment! rien n'est plus facile. — Eh bien! l'aiguille aimantée découvre du fer que la chimie ne voit pas. » Je le suivis à l'Observatoire. Berthier avait analysé le cuivre employé par Gambey; il n'y avait pas trouvé de fer. Cependant son aiguille aimantée, délicatement suspendue et du meilleur travail, étant écartée du repos, au lieu d'y revenir lentement par deux ou trois cents oscillations de moins en moins étendues, se bornait à accomplir et comme à regret trois ou quatre oscillations brèves, pour s'arrêter subitement. On eût dit qu'elle trouvait dans l'air, épaissi sur son chemin, une résistance invincible.

Arago me remit quelques échantillons du cuivre qui avait été employé pour la monture, et je constatai facilement, comme l'avait fait Berthier, qu'il était absolument exempt de fer.

Pendant quelque temps, Arago mettait volontiers en parallèle cette impuissance de la chimie et cette sensibilité surprenante de l'aiguille aimantée; il en vint à conclure cependant qu'une masse de cuivre ou de toute autre matière non magnétique, placée auprès d'une aiguille aimantée, ralentit ou arrête son mouvement. L'expérience lui ayant donné raison, il pensa qu'une semblable masse en mouvement pourrait entraîner, à son tour, une aiguille aimantée au repos placée dans son voisinage, et il nous rendit témoins de cette étonnante action.

Le magnétisme de rotation, ou le magnétisme en mouvement, était découvert; il restait à l'expliquer. Arago ne l'essaya point. Il écouta d'une oreille distraite toutes les hypothèses auxquelles sa célèbre expérience donnait lieu, et au moment où Faraday donnait, dans un de ses meilleurs mémoires, une théorie du magnétisme de rotation qui contenta les physiciens, Arago n'en fut pas complétement satisfait.

Arago constatait, en effet, que tous les corps sans exception, magnétiques ou non, conducteurs de l'électricité ou isolants, placés au voisinage d'une aiguille aimantée, en ralentissaient les oscillations. Les corps non conducteurs jouissant eux-mêmes de cette propriété, il en concluait que ses expériences ne pouvaient pas s'expliquer, comme Faraday l'avait supposé, par des courants fugitifs, suscités par l'aiguille elle-même, dans les corps en mouvement placés auprès d'elle. Faraday devait plus tard compléter son explication par la double découverte de l'induction et du diamagnétisme, en précisant les effets du magnétisme en mouvement, et en montrant que tous les corps de la nature sont impressionnés par les effluves magnétiques.

Personne n'ignore aujourd'hui que la science et l'industrie utilisent trois sources d'électricité : celle qui se développe dans les anciennes machines à plateaux de verre; cel'

provient de la pile de Volta; celle que produisent les machines fondées sur l'induction.

Les anciennes machines électriques fournissent une électricité peu abondante; mais le ressort en est tellement tendu, qu'au moment où elle abandonne les corps qui la supportent, pour se précipiter dans le sein de la terre, elle brise tout ce qui s'oppose à son passage.

La pile de Volta fournit une électricité abondante, mais le ressort en est si faible, qu'elle agit sur les corps comme en passant d'une molécule à l'autre. Elle franchit difficilement de grandes distances à travers l'air.

L'électricité des machines de verre et celle des nuées agissent par leur tension, celle de la pile par sa quantité.

Il appartenait à Faraday de découvrir la troisième espèce d'électricité, celle dans laquelle les qualités des deux précédentes se trouvent réunies: car, comme la première, elle lance de longues et foudroyantes étincelles; comme la seconde, elle pénètre dans l'intérieur des corps pour les échauffer, les fondre, les décomposer.

Sans chercher comment l'électricité naît du frottement d'un plateau de verre ou de la dissolution d'un métal, nous voyons clairement qu'au moment où, dans ces deux cas, les phénomènes électriques apparaissent, ils n'avaient été précédés d'aucune manifestation d'électricité.

Il n'en est pas ainsi de l'électricité induite. Curieux phénomène! Comme son nom l'indique, elle est suggérée par une autre. Un mouvement électrique apparaît-il dans une matière, on le voit se réfléchir dans la matière voisine. Il s'y réfléchit même comme dans une glace, ce qui est à droite dans l'original se trouvant porté à gauche dans sa copie ou son image.

Si l'on dirige à travers un fil de cuivre un courant continu d'électricité, et qu'on place un autre fil de cuivre parallèlement au premier, mais sans communication ni avec lui, ni avec la source d'électricité, ce dernier n'offrira rien de particulier. Mais qu'on rompe ou qu'on rétablisse la circulation de l'électricité dans le premier fil, à chaque rupture et chaque restitution du courant direct, le second deviendra capable d'agir lui-même sur l'aiguille aimantée, signe visible de la production d'un courant indirect qui s'y manifeste.

Un courant direct qui commence développe dans le fil influencé un courant de sens inverse; un courant direct qui finit y développe au contraire un courant secondaire du même sens. Quand le premier avance, le second recule; quand le premier recule, le second avance.

Qu'on approche ou qu'on éloigne le pôle d'un aimant d'un fil de cuivre, et l'on suscite les mêmes mouvements électriques: c'est ainsi que Faraday, complétant la pensée d'Ampère, nous a appris à transformer le magnétisme en électricité, dans une suite d'expériences qui ont mis plus vivement en lumière l'identité de ces deux forces.

Il a été plus loin, et considérant, avec Ampère encore, la terre comme un grand aimant, il s'en est servi pour exciter des courants électriques d'induction dans des fils de cuivre convenablement disposés pour les mettre en évidence.

Les aimants, le globe terrestre, deviennent donc à volonté des sources d'électricité.

Tous les traités de physique apprennent aux étudiants de nos lycées et de nos colléges comment Faraday a soumis l'électricité d'induction à une analyse expérimentale pleine de bon sens, de simplicité, de sûreté et de profondeur; comment on est parvenu à rendre excessivement rapide cette rupture et cette restitution du courant, à ramener dans le même sens des actions qui se produisent en sens opposés; enfin comment le courant secondaire ou induit se trouve renforcé, si l'on contourne les deux fils en spirales qui s'enveloppent, et si l'on place un cylindre de fer doux, ou mieux un faisceau de fil de fer, dans la spirale intérieure.

Pour comprendre toute l'importance pratique de la découverte de Faraday, considérée comme source d'une nouvelle manifestation des phénomènes électriques et comme agent puissant mis aux mains de la science et de l'industrie, il suffit de rappeler que c'est elle qui a donné naissance aux machines de Pixii, de Clarke et de Ruhmkorff, dont les étincelles, éclatant en longs jets de feu, forment trait de Jupiter et sont capables de percer des masses de verre de 10 centimètres d'épaisseur.

N'est-il pas digne de remarque que chacune des trois formes sous lesquelles l'électricité s'est manifestée à l'attention dans les premiers essais dont elle a été l'objet fût si loin de promettre ce qu'elle a tenu?

Ce morceau d'ambre jaune qui, frotté d'un drap sec, attire la poussière ou la paille légère, n'a-t-il pas créé ces grandes machines ou batteries électriques capables de foudroyer l'opérateur imprudent, et donné à Franklin le moyen d'expliquer le tonnerre ou même d'arracher la foudre aux cieux?

Sulzer nous apprend que deux pièces d'argent et de cuivre, placées l'une au-dessous, l'autre au-dessus de la langue et rapprochées jusqu'au contact, déterminent une sensation singulière. Volta n'y trouve-t-il pas le principe de la pile? Ne découvre-t-il pas ainsi cette force nouvelle, qui décompose tous les corps, isole le potassium, produit une lumière comparable à celle du soleil, une chaleur qu'aucun foyer ne surpasse et une action physiologique qu'aucun être vivant ne peut supporter. Que nous sommes loin de l'insignifiante expérience de Sulzer! Cette force simule maintenant toutes les actions matérielles de la vie chez un animal récemment tué, fait revivre l'expression de toutes les passions sur la face d'un décapité, rétablit le jeu de la respiration dans la poitrine de son cadavre mutilé, donne à ses bras des mouvements athlétiques, et si ses mains trouvent un point d'appui, le relève debout et frémissant sur ses pieds agités de convulsions désordonnées.

L'électricité d'induction elle-même, dont l'origine est si humble qu'elle est insaisissable, n'a-t-elle pas fourni le principe des appareils formidables qui ont fait sauter les estacades du Peïho, ouvrant ainsi la route de Pékin à notre armée; n'a-t-elle pas donné la plupart des appareils dépassant par leurs résultats tous les prodiges prévus par les imaginations les plus hardies que le télégraphe électrique emploie?

J'ai toujours trouvé que cette légende de la pomme qui tombe, et qui révèle en tombant le principe de l'attraction universelle à Newton, était l'expression populaire d'une vérité philosophique. Les grands phénomènes éblouissent plus qu'ils n'éclairent.

Dès les premiers âges de l'humanité, le feu a été connu: il y a plus de trois mille ans que la forge ramollit le fer, et que ce métal éclate en vives étincelles; l'incendie a dévoré des forêts, des villes entières. Eh bien! ces brillantes combustions ont-elles enseigné à l'homme comment les combustibles brûlent? Non! C'est au mercure, à ce métal qui brûle sans lumière, sans chaleur, qui exige de longs jours pour réaliser

avec éclat, en quelques secondes, qu'il était réservé de fournir le principe de la vraie doctrine de la combustion, dont la démonstration donnée par Lavoisier a produit dans le monde des sciences et dans celui des arts industriels la plus grande révolution.

On raconte qu'Empédocle se serait précipité dans le cratère de l'Etna, désespérant d'en expliquer la puissance. Davy, Gay-Lussac et Humboldt ont exploré le Vésuve en pleine éruption. Eh bien! ne sommes-nous pas plus près de comprendre ces émotions de l'écorce du globe depuis que, mieux inspirés, deux de nos confrères, l'un en Amérique, l'autre en Europe, ont étudié surtout les manifestations obscures qui précèdent, qui accompagnent et qui suivent les éruptions volcaniques?

Les aurores boréales n'ont-elles pas excité de leur côté l'enthousiasme des voyageurs et celui des poëtes? Combien de savants éminents se sont approchés du pôle pour en pénétrer les causes mystérieuses? Ne faut-il pas réserver cependant pour Arago l'honneur d'en avoir découvert la nature électro-magnétique, lui qui n'avait pour se guider que leurs effets les plus lointains, invisibles à l'œil et susceptibles d'agir seulement sur les aiguilles aimantées de l'Observatoire de Paris? N'était-il pas parvenu à reconnaître à heure fixe l'apparition d'une aurore boréale, à constater sa durée et son intensité, sans sortir de son cabinet, alors que le ciel de Paris était privé de toute apparence d'illumination, et que les lueurs de l'aurore ne s'étaient manifestées qu'à des centaines de lieues de notre horizon? Les observateurs voisins du pôle voyaient le phénomène sans le comprendre; Arago le comprenait, même sans le voir.

Ce qui fait marcher les sciences, c'est le plus souvent un détail presque insensible, observé avec des instruments délicats, mesuré avec précision, contrôlé et poursuivi dans ses conséquences avec une logique patiente. Ceux qui croient que, dans l'étude de la nature, les grandes choses naissent des grandes occasions se trompent. Le germe d'une idée, comme celui des êtres vivants, reste invisible jusqu'à ce qu'il trouve son terrain, et débute comme eux, faible, débile et caché.

L'électricité d'induction est seule capable de produire, dans l'air raréfié ou dans les vapeurs à faible tension, ces lueurs stratifiées et colorées qui amusent déjà nos jeunes enfants et qui étonnent encore le physicien. C'est à elle qu'on a recours pour enflammer ces mines formidables qui brisent des montagnes, ces torpilles sous-marines qui foudroient les navires de guerre et qui entourent les ports d'une barrière infranchissable. C'est son action que l'art de guérir met à profit, et qu'elle distingue, sous le nom de faradisation, des procédés d'électrisation anciens, toujours rebelles à cette graduation à l'infini, à laquelle les appareils d'induction se prêtent, et qui permet de passer instantanément des attouchements électriques les plus délicats aux secousses les plus énergiques et à la cautérisation.

Les machines électro-motrices fondées sur l'induction, dans lesquelles de puissants aimants excitent dans les spirales de fil de cuivre mises en leur présence des courants électriques qu'on recueille et qu'on utilise, ont trouvé deux intéressantes applications. Dans les ateliers de dorure et d'argenture, le courant qu'elles produisent détermine le dépôt du métal. Au cap la Hève, l'administration des phares les emploie avec une grande économie, pour déterminer l'incandescence des charbons ... lampes à huile.

Faraday a donc découvert, et ses successeurs, en s'appuyant sur ses propres idées, ont rendu pratique l'art de convertir la force mécanique en électricité, car la seule dépense d'une machine magnéto-électrique consiste en houille destinée à produire la vapeur dont la puissance rapproche ou éloigne les spirales de cuivre des pôles des aimants, devenus ainsi la source généreuse de la force électrique utilisée.

Tout le monde sait combien ont été, jusqu'ici, nombreuses et vaines les tentatives au moyen desquelles on a cherché à convertir l'électricité en force mécanique. En principe, rien n'est plus facile; en pratique, rien n'est moins applicable. La force mécanique est à bas prix; l'électricité est chère. Il est donc aussi naturel d'employer la force mécanique pour produire de l'électricité qu'il l'est peu de tenter l'emploi de l'électricité comme moteur. S'il m'était permis de faire une comparaison, je dirais que dans l'état de la science, il est aussi peu logique de chercher à convertir l'électricité en force mécanique qu'il le serait de chercher à convertir le diamant en charbon. Mieux vaut faire l'inverse.

Sir Robert Peel, frappé des grands services que Faraday venait de rendre par ces mémorables découvertes sur la théorie de la pile, sur l'induction, sur la liquéfaction des gaz, avait songé à lui offrir une pension, mais il quitta le ministère sans avoir accompli ce projet. Lord Melbourne, son successeur, voulant le réaliser, désira naturellement voir notre illustre confrère, qu'il ne connaissait point. Au lieu des remercîments auxquels il s'attendait, le ministre, étonné, se trouva en présence de scrupules imprévus. Faraday se demandait s'il n'était plus assez jeune pour gagner sa vie; s'il avait le droit de recevoir du pays une somme qui ne correspondait à aucune occupation déterminée. Quelques paroles d'impatience échappées à lord Melbourne déterminèrent Faraday, se repliant dans sa dignité blessée, à refuser la pension qui lui était offerte, et l'homme d'État, qui d'abord avait ri de ce rare incident, comprit, mieux informé, qu'il n'en fallait pas rire et qu'il s'était mépris. Il fit négocier auprès du savant, pour qu'il revînt sur sa détermination. « Comment le pourrais-je? répondait Faraday; il faudrait que le ministre m'écrivît une lettre d'excuses! Ai-je le droit ou même la pensée d'exiger de lui rien de pareil? » Mais, les excuses lui arrivèrent, franchement et simplement exprimées, et il ne resta rien de cette affaire, sinon que le premier ministre et le philosophe en avaient appris à se connaître et à s'estimer.

Qui n'a été, dans son enfance, un peu ému des récits dont les poissons électriques sont l'objet? Mais, assurément, le plus extraordinaire d'entre eux est ce gymnote, auquel Humboldt consacre le plus dramatique de ses tableaux.

« La pêche des gymnotes avec des filets est très-difficile, » dit-il, ces agiles poissons s'enfonçant dans la vase. Les Indiens nous annoncent, à notre surprise extrême, qu'ils vont » les pêcher avec des chevaux. Ils en amènent, en effet, une » trentaine, qu'on force d'entrer dans la mare où se trouvent » les gymnotes. Le bruit causé par le piétinement des chevaux fait sortir les poissons de la vase et les excite au combat. Ces anguilles jaunâtres et livides, longues de cinq pieds, » semblables à de grands serpents aquatiques, nagent à la » surface de l'eau et se pressent sous le ventre des chevaux. » Une lutte s'engage, animée par les cris sauvages des Indiens.

» Les anguilles, étourdies du bruit, se défendent par la dé-
» charge réitérée de leurs batteries électriques. Plusieurs
» chevaux succombent sous la violence des coups; étourdis
» par la force et la fréquence des commotions, ils disparais-
» sent sous l'eau. D'autres, haletant, la crinière hérissée, les
» yeux hagards et exprimant l'angoisse, se relèvent et cher-
» chent à fuir l'orage. On les voit gagner la rive, broncher
» à chaque pas et tomber sur le sable.

» En moins de cinq minutes, deux chevaux étaient noyés.
» Mais bientôt les gymnotes fatigués se dispersent, se rap-
» prochent du bord, et se laissent harponner sans résistance
» et sans inconvénient pour le pêcheur, pourvu que la corde
» qui porte le harpon soit sèche. »

L'institution polytechnique de Londres ayant fait venir d'Amérique un gymnote électrique pour attirer les visiteurs dans ses galeries, ses administrateurs eurent le bon goût de mettre cet animal rare et curieux, le seul que l'Europe eût possédé, à l'entière disposition de Faraday. Il n'en abusa point. A force de patience, il parvint à obtenir de lui tout ce que la science pouvait en réclamer, sans compromettre un seul instant sa vie par des essais irréfléchis.

Ce gymnote était aveugle. Il tournait autour de son baquet d'un mouvement lent, régulier, continu, machinal et comme indifférent. Quelle vigilance cependant, et quelle adresse! Si on laissait tomber un poisson vivant au centre même du baquet, le plus loin possible de la grosse anguille; à peine avait-il touché la surface de l'eau qu'il était foudroyé et qu'on le voyait flotter immobile, sur le dos. Le gymnote, cependant, suspendant sa promenade circulaire, se rapprochait du lieu de la scène, ouvrait la bouche, et par un mouvement d'aspiration énergique, déterminait un courant qui amenait jusqu'à lui sa proie qu'il n'apercevait pas, et qui, se présentant par la tête, était avalée comme un bol. Il reprenait de suite gravement sa promenade interrompue.

Quand on a manié les torpilles de nos côtes, on s'étonne de la peur qu'elles inspirent aux pêcheurs et des contes ridicules dont elles sont l'objet. Quand on avait reçu la secousse de ce vieil aveugle, on n'était plus tenté de taxer d'exagération le tableau tracé par Humboldt.

Faraday obtint de l'animal mis à sa disposition une nouvelle démonstration de l'identité des effets produits par son appareil organique et de ceux que l'électricité provoque. Le fluide du gymnote lui fournit des étincelles, des effets magnétiques, des actions chimiques; en un mot, tout le cortège ordinaire des phénomènes produits par l'électricité, ainsi que la torpille l'avait fait entre les mains de M. Matteucci et des savants italiens.

Mais on n'en était plus au temps où les études de l'électricité animale jetaient le trouble dans les esprits et provoquaient des espérances sans bornes.

Faraday me disait à ce sujet : « Puisque les êtres vivants produisent de la chaleur et une chaleur identique assurément avec celle de nos foyers, pourquoi ne produiraient-ils pas aussi de l'électricité, et une électricité identique également avec celle de nos machines? Mais si la chaleur produite pendant la vie, nécessaire à la vie, n'est cependant pas la vie, pourquoi l'électricité elle-même serait-elle la vie? Comme la chaleur, comme l'action chimique, l'électricité est un instrument de la vie, et rien de plus. »

J'aime à rapprocher ces souvenirs de ceux que Faraday lui-même consignait, peu de temps après, dans les notes recueillies pendant un voyage qu'il fit en Suisse avec s[on] beau-frère, M. Barnard, pour rétablir sa santé forteme[nt] ébranlée. On appréciera comment ses conceptions scientifiqu[es] les plus hardies, s'arrêtant au point où l'impuissance [de] l'homme se révèle, se conciliaient sans effort avec les convi[c]tions religieuses les plus profondes, et comment les raisonne]ments calmes et froids du savant n'étouffaient jamais en l[ui] les dons d'une imagination heureuse.

Établi à Interlaken, il se rendait volontiers à la chute [du] Giessbach, sur le lac de Brientz. « Aujourd'hui, dit-il da[ns]
» une des pages de son journal, toutes les chutes écumaien[t];
» le courant d'air qu'elles produisaient en défendait les appr[o]-
» ches; le soleil brillait derrière nous. Au milieu de la pou[s]-
» sière d'eau soulevée de toutes parts, se montraient des arc[s]-
» en-ciel magnifiques. Au fond d'une des chutes les pl[us]
» furieuses, on en distinguait un surtout lumineux et char[-]
» mant. Autour de lui, tout était agitation et désordre. Le[s]
» brouillards de vapeur, les nuages de rosée engendrés par
» les éclaboussures de la chute se tordaient furieux, précipit[és]
» et brisés sur le rocher même qui servait de base au météore.
» Cependant celui-ci, brillant et radieux comme un pu[r]
» esprit, ferme dans la foi et fort au milieu des passions qu[i]
» l'assiégent, ne disparaissait que pour revivre. Toujours
» appuyé sur le roc, il semblait, comme au temps de Noé,
» recevoir d'en haut l'espérance pour la réfléchir et la
» répandre, et les gouttes d'eau irritées qui, se précipitant
» sur lui, menaçaient d'en effacer les couleurs, ranimant au
» contraire leur éclat, ne faisaient qu'ajouter à son calme et
» à sa beauté. »

Faraday éprouva bientôt l'une de ses grandes joies, car il plaçait, j'en suis certain, parmi les événements les plus heureux de son existence, l'honneur que notre Académie lui avait fait en lui donnant le titre d'associé étranger. Les témoignages de respect et de sympathie dont il était l'objet sur tous les points du monde le touchaient vivement. Dans la préface de *Bajazet*, Racine s'excuse d'avoir emprunté un sujet de tragédie à l'histoire contemporaine; mais il fait remarquer que la distance comme le temps éloigne de nous les événements. Faraday, à son tour, pensait sans doute que les suffrages qui viennent de loin sont comme les avant-coureurs du jugement de la postérité, et tandis qu'il témoignait moins d'empressement pour les honneurs que son propre pays lui aurait volontiers offerts, il conservait et enregistrait avec soin les hommages qui lui étaient prodigués dans le reste du monde.

La grande estime qu'il faisait de notre opinion se manifeste par cette note écrite de sa main, au milieu du relevé de ses titres académiques, à côté de celui qu'il avait reçu de nous. C'est le cœur qui parle et qui s'adresse au cœur d'une amie chère et fidèle : « Parmi ces précieux souvenirs et ces heu-
» reux événements, j'inscris ici (après vingt-six ans de ma-
» riage) la date de celui qui dépasse de beaucoup les autres
» comme source d'honneur et de bonheur; nous fûmes mariés
» le 21 juin 1821. » A la suite de cette note, se trouvent les pièces qui constatent cette union.

Ce que toute autre femme de savant en aurait pensé serait recherche inutile; madame Faraday, pour qui il se montrait toujours animé d'un sentiment mêlé de chevalerie et d'affection, vit sans jalousie ce rapprochement entre le culte de la science et celui du foyer domestique. Ceux d'entre nous à qui il a été permis d'apprécier ces deux êtres si rares et la délicate harmonie de leurs belles âmes, jugeront que Faraday mettait

avaient donné la noble compagne de sa vie.

Faraday devait terminer sa carrière scientifique par deux grandes découvertes : l'action du magnétisme sur la lumière par l'intermédiaire de la matière et le diamagnétisme.

Dans une lettre qu'il m'écrivait le 17 janvier 1845, il m'annonçait le premier de ces événements considérables, et il me chargeait d'en informer l'Académie. « Si l'on fait passer, » disait-il, un rayon lumineux polarisé à travers une substance » transparente, et que celle-ci soit placée dans le champ » magnétique, la ligne de force magnétique étant disposée » parallèlement au rayon lumineux, celui-ci éprouvera une » rotation. Si l'on renverse le sens du courant magnétique, » le sens de la rotation du rayon lumineux sera également » renversé.

» Je vois là, ajoutait-il, une action magnétique s'exerçant » sur le rayon lumineux lui-même; mais plusieurs de mes » amis qui, toutefois, n'ont pas été à même de prendre en » considération tous les faits que j'ai étudiés, sont d'avis que » ce phénomène ne prouve rien de tel. Ainsi, quoique mon » opinion demeure la même, je reconnais volontiers qu'il se » pourrait qu'elle fût erronée. »

Les amis que Faraday avait consultés pensaient que ses puissants aimants exerçaient une action de torsion sur les particules matérielles des corps transparents, et leur communiquaient pour un moment les propriétés que le sucre et certaines variétés de quartz possèdent toujours. Sa belle expérience démontrait de nouveau l'action des courants magnétiques sur les molécules matérielles qu'ils transportent, lorsqu'elles sont libres, et qu'ils tendent à arracher de leur place lorsqu'elles sont fixes; mais elle n'allait pas plus loin.

Faraday n'a jamais accepté cette explication, et il croyait en avoir fait justice par une épreuve bien connue.

Si les molécules de la matière sont tordues dans un certain sens par l'aimant, de manière à devenir comparables à celles des corps naturellement doués du pouvoir rotatoire, le rayon lumineux qui traverse la masse transparente, de gauche à droite, par exemple, aura son plan de polarisation dévié d'une certaine quantité; mais ramené de droite à gauche par le même chemin, il devra éprouver une action exactement inverse, et reprendre sa première route. Faraday démontre que, loin de s'annuler, les déviations du plan de polarisation produites par la marche du rayon allant ou revenant sur lui-même, s'ajoutent. Après trois, quatre, cinq voyages, en sens direct ou inverse, peu importe, ces déviations sont trois, quatre, cinq fois plus intenses qu'elles ne l'étaient par un seul trajet. Phénomène absolument opposé à celui que le rayon lumineux polarisé nous fait voir quand il passe deux fois en sens direct et inverse dans une substance douée du pouvoir rotatoire naturel; car, en ce cas, les déviations s'annulent.

Faraday, me rendant témoin de ces admirables phénomènes, lorsqu'il en arrivait à cette dernière expérience, se frottait vivement les mains, et ses yeux pleins de feu, sa physionomie animée, témoignaient du sentiment passionné qu'il portait à la découverte de la vérité.

Il y a donc autre chose, dans cette merveilleuse action, qu'un déplacement des particules de la matière? Faut-il supposer que l'action magnétique s'exerce sur l'éther? Faut-il admettre qu'elle modifie les rapports naturels de l'éther et

testable, c'est que la force magnétique et la lumière sont en rapport direct, puisque la première agit toujours sur le faisceau lumineux de la même manière et dans le même sens. Ce qui demeure incontestable aussi, c'est que le magnétisme et la lumière agissent l'un sur l'autre par l'intermédiaire de la matière, puisqu'en l'absence de toute matière, dans le vide, par exemple, le phénomène ne se produit pas, et qu'avec des corps transparents divers, il se produit avec des intensités constantes pour chacun d'eux, mais différentes par la quantité et même par le sens, selon leur nature.

Ainsi, l'action que le magnétisme exerce sur la lumière, comme l'avait jugé Faraday, du premier coup d'œil, offre ce double caractère qu'elle semble à la fois directe et indirecte. Directe, si l'on en étudie les effets sur le rayon lumineux qui semble alors seul en cause; indirecte, si l'on cherche la part qui appartient à la matière dont la présence est indispensable, et dont la nature exerce un changement incontestable dans les effets observés.

Mais cette découverte, si considérable, si inattendue et si loin encore d'avoir porté tous ses fruits, devait conduire Faraday à mettre en lumière l'une des propriétés les plus générales de la matière.

Un amateur français ingénieux, Lebaillif, avait reconnu que le bismuth éprouve de la part de l'aimant un effet contraire à celui qu'il exerce sur le fer: au lieu d'en être attiré, il en est repoussé. Faraday démontre que ces deux manières d'agir de l'aimant sur le fer et sur le bismuth sont des cas particuliers d'une loi générale.

Parmi les corps, les uns, comme le fer, le nickel, le cobalt, le manganèse et le platine, sont attirés par les pôles de l'aimant, les autres sont repoussés; de telle sorte que si ces derniers étaient suffisamment sensibles aux influences magnétiques, une boussole qui en serait formée, au lieu de prendre sa direction du nord au sud, se tournerait vers l'est et l'ouest.

Le magnétisme agit donc sur toute la nature. Les anciens ne connaissaient que la pierre d'aimant; les modernes ont limité pendant longtemps l'action magnétique au fer et à l'acier d'abord, puis à quelques métaux. Les travaux de Faraday font voir que tous les métaux, tous les solides, tous les liquides, tous les gaz même, sont impressionnés par le fluide magnétique: les uns à la manière du fer, en prenant une direction polaire; les autres à la manière du bismuth, du plomb, de l'argent, du cuivre et de l'or, en prenant une direction équatoriale.

Ainsi, ce n'est pas seulement l'aiguille aimantée qui obéit à l'action des courants magnétiques et qui en est impressionnée. L'air qui nous entoure est magnétique, à la manière du fer, surtout par son oxygène, et notre atmosphère, condensée à la surface de la terre, y produirait l'effet d'une enveloppe de fer de l'épaisseur d'une feuille de papier.

L'hydrogène, au contraire, est doué du magnétisme équatorial; il en est de même de l'eau, soit liquide, soit gelée.

Les matières organiques, les fruits, le sang, la chair, se comportent à la manière de l'eau.

Ainsi, dans un être vivant, tous les tissus et même tous les liquides sont impressionnés par les impulsions magnétiques.

Les partisans du magnétisme animal pourraient donc sourire des savants et de leur longue incrédulité; mais, ici comme en tout, entre eux et les savants, il n'y a de commun que les mots.

Ce n'est pas le lieu de développer les études dont les expériences de Faraday sur le magnétisme universel ont été l'objet. On peut recommander à ceux qui voudraient approfondir ce sujet important, de prendre pour point de départ les vues qui ont si bien dirigé Faraday lui-même.

Il admet qu'autour des pôles d'un aimant, il se développe un champ de force magnétique, constitué comme si cette force rayonnait de l'aimant en lignes droites, invisibles et disposées ainsi que l'indique la limaille de fer répandue sur une feuille de papier sous laquelle on a couché à plat un aimant énergique.

Le fer et les corps magnétiques obligent ces lignes de force, qui s'enfuyaient dans l'espace, à converger, et s'ils sont librement suspendus, ils en sont dirigés vers les places où la force est à son maximum. Le bismuth, le cuivre et les corps diamagnétiques, au contraire, font diverger les lignes de force magnétique et sont dirigés peu à peu vers les places où la force est à son minimum.

C'est ainsi que parmi ces substances, les unes, celles qui sont magnétiques, sont attirées par l'aimant, tandis que les autres en sont repoussées ; c'est encore ainsi que les unes prennent la direction polaire et les autres la direction équatoriale.

Essayons maintenant de résumer les découvertes mémorables de Faraday dans l'étude de l'électricité.

Il a mis hors de doute que toute action chimique est la source d'un mouvement électrique, proportionnel à son intensité, subordonné à sa durée et dirigé selon son propre sens, identique enfin pour tous les équivalents des corps qui s'engagent dans des combinaisons similaires.

Il a fait connaître un mode nouveau de mouvement électrique, le moins coûteux, le plus puissant, le plus maniable, le plus flexible et le plus universel dans ses effets : l'induction.

Il a converti le magnétisme en électricité et l'électricité en magnétisme, par des méthodes qui ne laissent aucun doute sur l'identité d'origine de ces deux manifestations de la force.

Il a fourni les moyens de rendre visible et certaine la relation entre le magnétisme et la chaleur, que d'anciens phénomènes avaient fait soupçonner.

Il a découvert une action du magnétisme sur la lumière, et s'il a eu le regret de ne pouvoir mettre en évidence, par réciprocité, une action de la lumière sur le magnétisme, il a ouvert la route.

Il a établi l'existence d'une action universelle du magnétisme sur tous les corps connus : solides, liquides ou gazeux ; bruts ou vivants.

Il a donc démontré, par des expériences certaines et désormais popularisées, que le magnétisme agit sur la matière dans toutes ses formes et sur la force dans toutes ses manifestations : lumière, chaleur, électricité, force mécanique ou chimique.

Il n'a pas découvert entre l'électricité ou le magnétisme et la pesanteur une relation qu'il a longtemps, je dirais presque toujours cherchée. Mais si ce dernier trait manque au tableau de sa vie et à la satisfaction de ses convictions sur l'unité de la force, il a montré le chemin à des émules plus heureux.

Ce résumé suffit pour témoigner du changement qui s'est produit dans les opinions des physiciens depuis l'année 1819, signalée par la découverte mémorable d'Œrsted et par le premier mémoire de Fresnel sur la diffraction. Aux émissions de matières impondérables, qui expliquaient auparavant propriétés de la lumière, de la chaleur, de l'électricité et magnétisme, a succédé le système des vibrations ou mou ments auxquels on les attribue aujourd'hui. Ce résumé tém gne aussi de la part considérable qui revient à Faraday d cette révolution.

Indépendamment d'Œrsted, qui méritait par ses con tions réfléchies sur l'identité des formes chimiques et él triques, d'être le premier à constater l'action du cour électrique sur l'aiguille aimantée, l'électricité est surt redevable, pour ne parler que de ceux qui ne sont plus Franklin, Coulomb, Galvani, Volta, Arago, Ampère, Farad

Ampère et Faraday ont une place à part dans cette pléi illustre. Ils ont, chacun de leur côté, non-seulement déc vert des faits, mais ils les ont rassemblés et subordonné des lois, et quand l'électricité aura trouvé son Newton, pourra dire que si Ampère en fut le Képler, Faraday en f le Galilée.

On aime à arrêter son souvenir sur Ampère, sur Faraday et à comparer ces deux hommes, si divers par les dons de nature, si rapprochés par le génie et par les travaux. Ce q l'un a fait, l'autre aurait pu le faire. Ils sont inséparabl dans le tableau du mouvement scientifique dont l'électrici a été l'objet, comme dans le souvenir de ceux qui les ont v à l'œuvre. Quelle différence pourtant, sous tous les rapport entre ces deux inventeurs, dans l'éducation, dans les habit des, dans la manière d'interroger la nature et dans le poi de départ ou la marche de leur investigation ! Ce n'est qu'a but qu'ils se rencontrent ; mais, là, ils se confondent si étro tement, qu'on ne pourrait pas distinguer les résultats obtenu par l'un de ceux que l'autre a constatés : même rectitude des les vues, même grandeur dans les conséquence, même phy sionomie dans les formules simples qui expriment les véri acquises par leurs efforts.

Ampère était grand, mélancolique, gauche dans ses mou vements, lents dans ses allures ; presque aveugle, écrire un ligne était pour lui une fatigue, tracer correctement un ce cle ou un carré, une impossibilité. Sa mémoire exercée sûre avait tout retenu : histoire, philosophie, zoologi physique, chimie ; vers des classiques français et latin détails minutieux des caractères attribués aux plantes p Jussieu, ou aux animaux par Cuvier. Ses distractions fab leuses étaient, de son vivant même, passées à l'état de lége des ; il aimait à s'abandonner au courant de son imaginatio tout devoir lui était pénible. Sa vie scientifique semblait te minée, lorsque la découverte d'Œrsted vint faire vibrer da sa belle intelligence des cordes que personne et lui-même n avaient jamais soupçonnées. Pour matérialiser sa pensé lui, si maladroit, devenait le plus ingénieux des constructeu d'appareils ; lui, si myope, rendait visibles à tous, par les ye du corps et par les expériences les plus claires, des propriét cachées de la matière que la méditation seule dévoilait a yeux de son esprit. Ce rêveur était saisi d'une vive passion, son intelligence, portée soudain vers une région supérieur dévoilait en quelques semaines des vues neuves sur la co stitution moléculaire des aimants, des faits prédits avec u logique admirable et mis en évidence avec sûreté, des lo enfin, formant ce code de l'électricité dynamique cons déjà par le temps.

Faraday était de taille moyenne, vif, gai, l'œil alerte, mouvement prompt et sûr, d'une adresse incomparable d

qu'il préparait, dans sa jeunesse, les leçons de chimie à l'Institution royale, chaque expérience, menée à point, répondait si bien à la pensée et à la parole du maître, qu'on avait coutume de dire alors que celui-ci professait sur le velours. A la fin de sa vie, lorsqu'il avait quitté la chaire, redevenu auditeur, il suivait de l'œil tous les appareils, surveillant leur marche, prêt à la hâter ou à la ralentir, à réparer le moindre désordre, sans affectation, et comme s'il accomplissait l'office d'un régulateur naturel identifié avec la pensée du professeur. Il vivait dans son laboratoire au milieu de ses instruments de recherche; il s'y rendait le matin et en sortait le soir, aussi exact qu'un négociant qui passe la journée dans ses bureaux. Toute sa vie fut consacrée à y tenter des expériences nouvelles, trouvant, dans la plupart des cas, qu'il était plus court de faire parler la nature que d'essayer de la deviner. Obligé, par sa mémoire ingrate et infidèle, de noter et de numéroter les faits qu'il découvrait ou les idées qui germaient dans son esprit et d'en tenir registre, il en dressait soigneusement la table, certain que, sans cette précaution, il ne les retrouverait jamais au moment du besoin.

Faraday, qui n'était pas mathématicien, a été moins prompt dans ces conceptions qu'Ampère; son œuvre, fondée sur l'expérience seule, a été plus lente; mais, comme lui, il s'est élevé à la plus haute contemplation de la nature, et, comme lui, il a découvert tout un ensemble de faits certains et de lois incontestables qui lient à jamais son nom glorieux à l'histoire de l'électro-magnétisme.

Entre Ampère et Faraday, l'un tout à la méditation, l'autre tout à l'action; l'un demandant tout à la pensée, l'autre tout aux faits, rien de commun au premier abord. Le premier ressemble au physiologiste qui, partant des lois de la vie, descend à la connaissance des organes et à celle de leur jeu. Le second, à l'anatomiste qui, de l'étude matérielle des appareils organiques, s'élève à la conception de leur mécanisme et à l'interprétation de leur rôle dans l'homme vivant. Partis de points opposés, ils arrivent pourtant au même but, et nul ne saurait dire alors si la vérité qu'ils révèlent est le fruit d'une forte conception confirmée par l'expérience, ou celui d'une expérience heureuse, interprétée par une intelligence sûre.

Mais Ampère et Faraday avaient l'un et l'autre la fibre poétique, le cœur ouvert et l'âme haute. Ils ignoraient la jalousie et l'envie. Toute lumière les remplissait de joie, qu'elle vînt du dedans ou du dehors, qu'elle jaillît de leur propre cerveau ou de celui d'un émule. La jeunesse les trouvait pleins de bonté et d'affectueuse bienveillance. Tout succès les rendait heureux. Ils aimaient l'humanité et sa grandeur; ils respectaient son caractère et sa mission sur la terre. Ils se considéraient comme des instruments d'une volonté suprême, à laquelle ils obéissaient avec respect, et si, pour ceux qui ne connaissent que leurs œuvres, ils comptent parmi les génies qui sont l'orgueil des fils des hommes, pour ceux qui ont connu leurs personnes, ils se placent parmi les plus humbles et les plus soumises des créatures de Dieu.

Ampère était universel. L'un des plus profonds géomètres de son époque, quand on le voyait dans l'intimité de Jussieu, de Cuvier, de Geoffroy Saint-Hilaire, car il aimait les causeries du monde, on se disait : Il sait tout, il comprend tout, il pénètre au delà de tout.

Faraday était plus spécial : chimiste au début de sa carrière, ... sique, et s'était concentré dans l'étude de l'électricité. Plus extérieur, il vivait par les sens autant que par la pensée. Il n'aimait guère les réunions du monde, mais les grandes scènes l'attiraient et le remplissaient d'une ivresse fébrile. Le coucher du soleil dans la campagne, un orage sur les bords de la mer, un effet de brouillard dans les Alpes, excitaient en lui les plus vives sensations; il les comprenait en peintre, il en était ému en poëte, il les analysait en savant. Le regard, la parole, le geste, tout trahissait alors en lui l'intime communion de son âme avec l'âme de la nature.

Une belle démonstration l'animait du même enthousiasme. On se souvient de l'ardeur généreuse avec laquelle il exposait, dans une soirée de l'Institution royale et devant Ebelmen ému, les beaux travaux de notre regretté compatriote sur la formation artificielle des gemmes. Où trouver un admirateur qui se soit montré plus passionné pour les beaux spectacles dont un de nos plus illustres confrères rend les chimistes témoins, en produisant par masses le sodium et l'aluminium, en fondant le platine en bains éblouissants de clarté?

Un aimable génie, dont la perte récente sera pour l'Académie un long deuil, Foucault, dont les procédés avaient tant d'analogie avec ceux de Faraday dans l'art de consulter la nature, ne fut jamais plus heureux, peut-être, que dans les occasions où il l'avait pour témoin intime de ses admirables expériences. Quand ces deux hommes, les mains dans les mains, les yeux humides, mais pleins de clartés, se remerciaient sans parler, l'un du bonheur qu'il avait éprouvé, l'autre de l'honneur qu'il avait reçu, je l'affirme, ce regard, cette étreinte, venaient de plus loin et remontaient plus haut que la terre.

Hélas! qui aurait dit, en ce moment, que ces deux belles intelligences devaient bientôt être voilées; et qu'avant de quitter ce monde, où leurs expériences ont répandu de si vives lumières, l'un perdrait la mémoire des mots et la faculté d'énoncer les conceptions que son esprit fatigué semblait embrasser encore; l'autre la mémoire des faits et le souvenir même de ses beaux travaux, tout en conservant le moyen de communiquer les sentiments et les pensées ordinaires de la vie commune.

Il y a longtemps que Faraday me disait avec résignation : « Ma mémoire se perd; j'oublie les noms propres; j'oublie quelquefois mes expériences personnelles elles-mêmes. — Vous êtes, lui répondais-je, comme Jacob, qui après avoir lutté toute la nuit près du gué de Jabbok contre CELUI qui s'opposait à son passage, demeure libre, mais paralysé d'un membre, au moment où le soleil paraît à l'horizon. Vous aussi, vous avez lutté dans les ténèbres, jusqu'au lever de l'aurore, et quand la lumière s'est faite, quand vous avez vu la vérité face à face, si votre intelligence a été délivrée du doute, elle reste épuisée de l'effort. »

Faraday, qui avait toujours redouté cette épreuve, fut forcé de résigner son enseignement en 1861, et de faire ses adieux à cet auditoire choisi de l'Institution royale, au milieu duquel il avait passé sa vie entière, qui avait eu la primeur de toutes ses découvertes et qui avait joui de tous ses succès, plus que lui-même.

S'il se survécut pendant quelque temps, dans cette retraite d'Hampton-Court, qu'il devait à la sollicitude de la reine, son cœur resta toujours ouvert. Son bonheur était de

s'y voir entouré des siens; son enthousiasme pour les orages et les tempêtes ne se démentit pas; et lorsqu'il imposait ses nobles mains sur le front de M. Tyndall, son élève, assis à ses pieds, on eût dit que par une réminiscence touchante, il cherchait à recueillir dans sa pensée les titres de sa mission sur la terre, pour les transmettre, avant de la quitter, à celui qu'il avait choisi comme son successeur et qui se montre si digne de sa paternelle confiance.

Faraday s'éteignit doucement dans son fauteuil et comme s'il s'endormait du sommeil du juste, le 25 août 1867, les yeux fixés vers le ciel.

Faraday offrait au moral un type vraiment rare. Sa vivacité, sa bonne humeur, rappelaient l'Irlande ; son esprit réfléchi et la force de sa logique faisaient songer à la philosophie écossaise; sa ténacité décelait l'Anglais que rien ne détourne de sa voie. On n'est donc pas surpris d'apprendre que sa famille était fixée en Angleterre depuis deux générations au moins, que sa religion était empruntée à l'Écosse par une transmission certainement héréditaire, et que ses parents avaient gardé le souvenir traditionnel d'une origine irlandaise.

Quoi qu'il en soit, on peut dire que Faraday n'avait gardé que les qualités des trois races qui paraissent s'être alliées parmi ses ancêtres, et qu'il avait corrigé les défauts qu'on leur prête, à tort, assurément; mais il n'était ni léger, ni pédant, ni égoïste.

On ne connaîtrait pas Faraday, si l'on ne pénétrait pas assez avant dans sa vie pour mettre en parallèle son amour pour la science et sa foi religieuse ; deux formes distinctes, mais inséparables, à ses yeux, du culte qu'il rendait à la Divinité. « Tout ce qui est terrestre, disait-il, peut être connu par l'esprit de l'homme; mais tout ce qui concerne la vie future échappe à cet esprit et doit lui être communiqué par un autre enseignement. » Il affirmait donc hardiment une distinction absolue entre les croyances ordinaires fondées sur l'observation des faits, et la foi religieuse fondée sur la révélation.

Faraday appartenait à la secte des *Glassites* ou *Sandemaniens*, à laquelle sa participation aura donné une célébrité inattendue. Les noms de cette petite Église, qui compte à peine en Angleterre mille adhérents aujourd'hui, sont empruntés à celui de son fondateur Glass, déposé vers 1730, pour ses opinions, par l'Église écossaise, et à celui de son disciple énergique, Sandeman, qui en conserva la foi.

Les sandemaniens croient que la mort du Christ suffit au salut et à l'expiation; ils se rapprochent des premiers chrétiens: prédicateurs élus par les fidèles; repas fraternel entre les deux services du dimanche; communauté des biens, au moins jusqu'à concurrence de la disparition de toute pauvreté dans les familles unies; défense absolue du prêt à intérêt.

Faraday fut pendant une grande partie de sa vie Ancien de son Église et ne renonça à la prédication qu'au moment où il abandonnait l'enseignement lui-même.

Le nom de Faraday doit donc être ajouté à la liste de ceux qui ont été aussi sincères dans leur foi que profonds dans leur science. Les hommes religieux de l'Angleterre constatent que Newton et Faraday, qu'ils considèrent, l'un comme le plus élevé des géomètres, l'autre comme le plus heureux des expérimentateurs, n'ont rien vu dans l'étude de la nature qui pût ébranler leur croyance. Newton, pénétrant dans les profondeurs des cieux, assujettissant pour toujours la marche des astres au calcul et révélant à l'homme les lois du système du monde; Faraday, pénétrant dans les entrailles de la matiè faisant jaillir du choc de ses particules invisibles ou de rencontre des forces insensibles qu'elles recèlent des pouvo merveilleux ou redoutables, ont également gardé, disent-i les pieuses convictions de leur enfance. L'orgueil du suc ne les a jamais enivrés, et tandis que leurs propres déc vertes servaient, à côté d'eux, d'argument aux incrédul leur conviction personnelle ne s'est pas démentie un insta

J'ai beaucoup étudié Faraday; je ne l'ai bien connu, po tant, qu'après sa mort et par lui-même. Sa perfection, q je croyais spontanée, était le fruit d'une observation co stante et d'une fermeté d'âme à toute épreuve. Vers sa vi tième année, ses lettres les plus intimes me le montre maître de ses vivacités, mais non sans combat; plus ta elles le font voir ayant dompté, mais non sans peine, u fierté toujours près de la révolte; plus tard, enfin, il crai d'avoir écouté le démon de l'orgueil, et il prend volontie pour texte de ses sermons, qu'on n'a pas oubliés dans sa com munauté : « Que la parole divine soit comme le marteau qu » brise le rocher, et qu'elle soumette à Dieu toute pens » orgueilleuse et vaine. »

Il admettait, en effet, avec la plus grande simplicité d'âm ainsi que tous ses coreligionnaires, qui en font un article fo damental de leur doctrine, « que les mérites humains sont rien aux yeux de Dieu ».

C'est en séparant les opinions que lui inspirait l'étude d la nature et celles qu'il avait reçues, au sujet des vrais fond ments de la religion, et dans lesquelles la réflexion l'ava confirmé, que Faraday n'a jamais été gêné ni par ses progrè personnels, ni par ceux d'autrui dans le développement de sa pensée scientifique.

Depuis que le monde existe, disait-il, l'opinion n'a-t-elle pas toujours changé avec le progrès des choses? Pourquoi en serait-il autrement désormais? Je ne crois pas que nous soyon en possession de la plus haute dose d'intelligence qui puis sortir de la pensée humaine. Nos successeurs seront pou nous ce que nous sommes pour nos ancêtres. Nos corps rem placent leurs corps et nos pensées leurs pensées; nos descen dants prendront, à leur tour, par de nouveaux corps et de pensées nouvelles, les places des nôtres. Ce qui l'étonnait l plus, c'était de voir des savants s'opposer au progrès pa esprit de système et par une confiance aveugle dans le théories. Ils sont assis sur un trône aux pieds d'argile, di sait-il : tant qu'il est debout, ils barrent le chemin; quand l s'est écroulé, ils l'obstruent.

En tout ce qui concerne les sciences, je n'ai jamais conn d'esprit plus libre, plus dégagé, plus hardi ; c'est le résulta de la méthode expérimentale. Il ne croyait même pas à l'exis tence de la matière, loin de lui tout accorder; il ne voyai dans l'univers qu'une seule force obéissant à une seule vo lonté. Ce que l'on appelle matière n'était à ses yeux qu'un assemblage de centres de force. Chose étrange, assurément! Dans un autre pays, qui donne le pas volontiers à la méthode mathématique, et où certaines témérités sont légèrement portées, ce n'est pas sans difficultés qu'on se persuade, au contraire, que les vérités scientifiques n'ont pas reçu leur dernière expression, et qu'on peut y toucher sans sacrilége.

Cependant, douter des vérités humaines, c'est ouvrir la porte aux découvertes; en faire des articles de foi, c'est la fermer. Douter des vérités divines, c'est livrer sa vie aux ha-

C'est à regret que l'on se sépare de ce beau caractère, et comme son digne successeur, M. Tyndall, je termine cette esquisse par une comparaison empruntée à son enseignement populaire.

Faraday aimait à démontrer que l'eau a horreur des impuretés, qu'elle s'en dépouille par une foule de procédés, et que si l'on fait refroidir et congeler, par exemple, de l'eau trouble, colorée, salie, chargée de sels âcres ou amers, d'aigres acides ou d'alcalis cuisants, le glaçon qui se forme dans son sein, éloignant de lui les souillures, se dégage limpide, inodore, agréable au goût, blanc et brillant comme le cristal.

Ainsi avons-nous connu Faraday : aux prises avec les besoins, les tentations et les passions de la vie, il éloigna de bonne heure les mauvaises pensées, les sentiments égoïstes et les instincts vulgaires ou inférieurs, dégageant de plus en plus de l'argile terrestre l'âme qu'il a rendue enfin à son Créateur pure et sans tache.

DUMAS,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR.)

M. A. MATTHIESSEN
(de la Société royale de Londres).

Les Alliages et leurs usages.

L'objet de cette leçon était de montrer, à l'aide d'expériences, pourquoi les alliages sont employés de préférence aux métaux qui entrent dans leur composition.

Les alliages, considérés au point de vue chimique, peuvent *être divisés* en trois classes :

1° Les combinaisons chimiques ;

2° Les mélanges mécaniques ;

3° La solution d'un métal dans un autre métal qui s'est solidifié, ou, pour être plus bref, les solutions solidifiées d'un de ces métaux dans l'autre.

Sous le titre de combinaisons chimiques, on peut ranger les alliages qui résultent de la combinaison de deux métaux, quand ceux-ci s'unissent avec une grande force, en dégageant de la chaleur, et produisent un alliage dont on ne peut prévoir les propriétés physiques et chimiques. Comme exemple de ces alliages, on peut citer ceux de l'or avec l'étain, le plomb ou le zinc ; car, si à l'étain, au plomb ou au zinc, on ajoute de l'or, les deux métaux s'unissent avec une grande énergie et produisent un alliage qui est excessivement cassant et ne peut servir à aucun usage pratique.

La seconde classe d'alliages peut être assimilée aux mélanges mécaniques, comme l'huile et l'eau, ou plutôt comme l'éther et l'eau. Car on ne connaît pas deux métaux qui, à l'exemple de l'huile et de l'eau, refusent entièrement de se confondre, mais on connaît quelques métaux qui se dissolvent légèrement comme l'éther et l'eau. L'éther, en effet, dissout une certaine quantité d'eau, et l'eau une certaine quantité d'éther. Si l'on fait un mélange d'éther et d'eau, à parties égales par exemple, il se formera deux couches. La

renfermant une petite quantité d'éther. Il y a deux métaux, pour vous en fournir un exemple, qui se comportent exactement comme l'éther et l'eau : ce sont le zinc et le plomb ; car le plomb, mis en fusion avec le zinc, dissout 1,6 pour 100 de zinc, et le zinc à son tour absorbe 1,2 pour 100 de plomb.

Si, par exemple, on fait fondre ces deux métaux à parties égales, ils se sépareront en deux couches, comme l'éther et l'eau. La couche supérieure, ayant moins de poids spécifique, sera du zinc avec une faible proportion de plomb ; la couche inférieure sera du plomb renfermant une petite quantité de zinc. Quand on compose un tel alliage et qu'on le jette dans un moule, il est facile de voir combien chaque métal se comporte différemment. La couche supérieure est tellement cassante, qu'on ne peut la plier sans la casser ; le métal inférieur, au contraire, peut être facilement plié.

Toutefois les combinaisons chimiques, comme les mélanges mécaniques, sont relativement rares ; et pour les alliages d'usage commun, on a presque invariablement choisi ceux qu'on peut considérer comme appartenant à la troisième classe, et l'on néglige les alliages de la première et de la seconde classe, qui ne valent rien pour des applications pratiques.

Sous le titre de solutions solidifiées d'un métal avec un autre, on peut ranger ces alliages qui, à l'exemple du chlorure de potassium et du chlorure de sodium mis en fusion, produisent une simple agrégation ayant des propriétés physiques qui diffèrent entièrement des propriétés des deux sels constituants. On ne peut supposer que le chlorure de sodium existe en combinaison chimique avec le chlorure de potassium. Une des propriétés importantes d'une solution solidifiée, c'est que les matières qui la composent font une masse homogène, à tel point que, placées sous le microscope le plus puissant, elles ne peuvent se distinguer l'une de l'autre.

On emploie les alliages parce qu'ils possèdent certaines propriétés physiques développées à un degré que ne possèdent pas les métaux qui les constituent. Les propriétés physiques des alliages peuvent être divisées en deux classes :

1° Celles qui se transmettent invariablement aux alliages, à peu près dans la proportion où on les constate dans les métaux constituants.

2° Celles qui se transmettent aux alliages dans quelques cas, mais non invariablement, dans la proportion où on les trouve dans les métaux constituants.

A la première classe appartiennent la pesanteur spécifique, la chaleur spécifique et la dilatabilité par la chaleur. Il est facile de démontrer ce fait par des expériences. On peut faire voir que le poids spécifique d'un alliage est égal à la moyenne du poids spécifique des métaux constituants, en suspendant d'un côté d'une balance l'alliage, et de l'autre les métaux qui le composent, et en plongeant le tout dans de l'eau.

On peut prouver que la chaleur spécifique d'un alliage est égale à celle des métaux qui le constituent en plaçant l'alliage et ses constituants dans de l'eau bouillante, et ensuite dans des volumes égaux d'eau froide. On verra alors que l'élévation de la température est la même dans les deux cas, en se servant d'un thermomètre à air différentiel.

Si l'on place une barre d'airain dans un appareil de démontrer la dilatation produite par la chaleur, or

qu'elle se dilate exactement autant qu'une barre formée en partie de cuivre et en partie de zinc; la longueur de la portion de zinc étant proportionnelle à la quantité de zinc entrant dans l'airain.

A la seconde classe de propriétés physiques appartiennent la conductibilité pour la chaleur ou l'électricité, la dureté, la ténacité, etc.

On peut prendre la conductibilité électrique des alliages pour base de la conclusion que l'on va tirer. Les recherches entreprises à ce sujet ont montré que lorsque l'étain, le plomb, le zinc ou le cadmium sont combinés avec les alliages, ces alliages conduisent l'électricité selon le volume relatif des métaux constituants, tandis que dans tous les autres cas il n'existe pas ce rapport simple entre la conductibilité des métaux et celle de leurs alliages. Si, par exemple, l'or est allié à l'argent par volumes égaux, la force conductrice de l'alliage sera représentée par 15, tandis que celle de l'argent est représentée par 100 et celle de l'or par 80.

Si l'on trace des courbes pour figurer la conductibilité des différentes séries d'alliages, on observera trois formes typiques : la première figurée par une ligne presque droite, la seconde par la lettre L, la troisième par la lettre U.

Wiedemann et J. Franz ont prouvé par des expériences que les chiffres obtenus pour la conductibilité des métaux et des alliages, tant pour la chaleur que pour l'électricité, sont identiquement les mêmes; et l'exactitude de cette assertion peut être démontrée par l'expérience suivante : Si des barres d'or et d'argent et quelques alliages composés d'argent et d'or sont placés de manière qu'une des extrémités de ces différentes matières plonge dans une caisse d'eau chaude et l'autre dans la boule d'un thermomètre à air, la dépression de la colonne liquide dans les tubes des thermomètres indiquera (approximativement) la conductibilité relative des différentes barres; et si l'on tire une ligne au niveau de l'extrémité supérieure des colonnes liquides, cette ligne formera une courbe semblable à celle dont je vous ai parlé comme étant la mesure de la conductibilité électrique.

On démontre ainsi l'exactitude de ce fait :

A côté de cet appareil, on place un second appareil construit de la manière que je vais indiquer. Dans le renflement de plusieurs thermomètres à air, on place des fils de fer ayant la même dimension, la même longueur et la même composition que ceux dont on avait fait usage pour l'expérience destinée à mesurer la conductibilité pour la chaleur. Un des bouts de chaque fil est soudé à un gros fil de cuivre et l'autre bout à un autre fil semblable. Ces deux fils sont mis en rapport avec les pôles d'une batterie. Le courant se divise alors, et dans chaque fil passe une portion de courant égale au pouvoir conducteur de ce fil. Ce courant chauffe le fil et fait descendre le liquide des tubes qui sont en rapport avec les thermomètres à air. Une ligne tirée au niveau des colonnes sera presque semblable à la courbe dont j'ai déjà parlé et qui est formée par les boules dans lesquelles se trouvent placées les barres servant à conduire la chaleur.

L'analogie entre le rapport qui existe dans ce cas et dans quelques autres peut être démontrée à l'aide des expériences suivantes :

Sonorité. — Quand on frappe des barres d'alliages et des barres de leurs métaux constituants, on constate une grande différence dans la note produite; et dans presque chaque cas où l'on a fait cette expérience, on a trouvé que l'alliage le plus sonore correspondait approximativement, dans sa comp[osi]tion, à l'alliage placé au point tournant de la courbe qui [re]présente la conductibilité électrique.

Ténacité. — Quand des fils de métaux ou d'alliages, ay[ant] la même dimension, sont rompus par une traction, les [fils] composés d'alliages exigent une force beaucoup plus consi[dé]rable que les fils des métaux constituants. On peut dédu[ire] des faits déjà connus que les alliages dont la composition c[or]respond au point tournant de la courbe de conductibilité s[ont] plus tenaces que tout autre alliage composé des mêmes m[é]taux.

Élasticité. — Quand des spirales de fils composés de m[é]taux et de leurs alliages sont également tendues au moyen [de] poids, on trouve, en enlevant les poids, que les alliages po[s]sèdent le pouvoir de reprendre leur forme originelle, à u[n] degré beaucoup plus prononcé que les métaux qui les com[]posent. Ici encore on constate que les alliages correspondan[t] dans leur composition à ceux qui sont placés au point tour[]nant des courbes de conductibilité sont ceux qui ont le plu[s] d'élasticité.

De tout ce qui vient d'être dit et des expériences qui ont ét[é] décrites, il semble résulter que la composition chimique de[s] alliages à deux métaux, habituellement employés, correspond aux alliages situés aux points tournants des courbes repr[é]sentant la conductibilité pour la chaleur et pour l'électricité, [et] que, s'il est besoin d'un alliage à deux métaux ayant une pro[]priété physique spéciale, il serait bon d'essayer de l'allia[ge] dont la composition correspondrait au point tournant de l[a] courbe représentant la conductibilité électrique des alliage[s] des deux métaux.

A. MATTHIESSEN.

— Traduit de l'anglais par JOHN D. FAURE. —

Muséum d'histoire naturelle.

CULTURE (mardis, jeudis et samedis, à huit heures et demie). — M. DECAISNE (de l'Institut), professeur, a ouvert ce cours le 12 mai dans la galerie de géologie. Il traite des principes élémentaires de l[a] physiologie applicables à la culture. Il fera des herborisations.

DESSIN [Animaux] (mardis, jeudis, samedis, à une heure). — M. LESOURD-BEAUREGARD a ouvert ce cours le 5 mai.

AVIS.

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la fin de mai et qui désirent à cette occasion changer les conditions de leur souscrip[]tion et profiter des avantages que leur présente, soit l'abonnement d'[un] an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscription aux de[ux] *Revues des cours scientifiques* et *des cours littéraires*, sont priés d'av[er]tir immédiatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat s[ur] la poste ou des timbres-poste.

Les abonnés qui, d'ici à la fin de mai, n'auront fait parvenir auc[un] avis au bureau de la *Revue*, seront considérés comme désirant con[ti]nuer leur abonnement dans les mêmes conditions. En conséquence, i[ls] recevront par l'entremise des porteurs, soit à Paris, soit dans les dépa[r]tements, une quittance semblable à celle qui leur a été déjà remise lo[rs] de leur première souscription.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 26 — 30 MAI 1868

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

HISTOLOGIE.

COURS DE M. CH. ROBIN

(de l'Institut).

Principes généraux d'histologie (1).

Je dois, dans ce semestre, achever l'examen des questions qui sont du domaine de l'anatomie générale, telles qu'elles sont énumérées dans le *programme* officiel de mon cours. Elles embrassent, d'une part l'étude des tissus, ou *histologie*, et de l'autre celle des *systèmes anatomiques*, ébauchée déjà par Aristote sous le nom d'*homœomérologie*.

L'histologie ne se confond en aucun point avec l'étude des éléments anatomiques. Elle ne s'occupe plus, comme cette dernière, de l'étude biographique de chacun des éléments considérés individuellement, abstraction faite de tous ceux qui les entourent. Elle les envisage au contraire d'une manière concrète, en leur place, tels qu'ils sont dans les groupes formés par une ou plusieurs espèces réunies; elle montre comment de ce groupement, avec agencement déterminé de chaque individu d'une espèce, d'une part relativement à ses homonymes, et d'autre part, relativement aux individus des autres espèces qui l'accompagnent, résultent des corps complexes, distincts des premiers, bien que formés par eux.

Ces corps, ce sont les tissus. Il est donc nécessaire d'étudier d'abord les éléments anatomiques, c'est-à-dire les objets dont il s'agit d'observer l'arrangement réciproque, pour se rendre un compte exact de la constitution et des propriétés de ces corps, et pour arriver à en déterminer la nature réelle, dont la connaissance ne peut s'acquérir que par la détermination des espèces d'éléments qui les composent, jointe à celle du mode d'arrangement réciproque de ces éléments.

C'est en suivant rigoureusement cette voie que l'anatomie générale devient la science qui traite de tout ce qui sert à la détermination de la nature des *tissus* sains et altérés, aussi bien que des *humeurs* envisagées dans ces mêmes conditions.

Mais, avant d'entrer dans le sujet même des leçons de ce semestre, permettez-moi de résumer les notions qui le lient à celui dont nous nous sommes occupés dans la précédente année scolaire.

Je vous ai dit que l'anatomie est l'étude des parties constituantes, simples et complexes de l'organisme, faite dans le but de découvrir les lois de la constitution de ce dernier; lois dont la connaissance est nécessaire à l'étude de la physiologie, c'est-à-dire des actes de l'économie; physiologie sans laquelle la pathologie reste lettre close pour l'esprit, en dehors de quelques observations et de quelques formules empiriques.

L'anatomie se divise en *générale* et en *descriptive*, selon le degré de complication des parties qu'elle fait connaître. L'objet de l'anatomie générale est la description des parties qui, une fois connues en un point de l'organisme, le sont pour la généralité de ses régions et même pour le grand nombre des êtres. L'objet de l'anatomie descriptive est l'étude des parties du corps qui, en raison des différences qu'elles offrent d'une région à l'autre de l'économie chez le même être, et, à plus forte raison, d'un animal à l'autre, demandent à être décrites une à une partout où elles existent.

Ainsi le sujet de ces leçons est l'étude des parties constituantes élémentaires de l'économie, afin de les suivre, sans omettre aucune de leurs dispositions, dans la succession de leurs arrangements de plus en plus compliqués, jusqu'au point où elles forment les organes et les appareils dont l'examen fait l'objet de l'anatomie descriptive. Ce seul fait de ne rien omettre, quant au nombre, ni quant à la disposition des parties dont se trouvent constituées celles qui sont saisissables à l'œil nu et au toucher dans l'organisme, montre que nulle branche de l'anatomie n'a des applications plus directes à la physiologie, et ne conduit plus directement aussi à la détermination, comme à l'interprétation exacte des phénomènes morbides et des lésions correspondantes.

Vous le voyez, en se plaçant au point de vue des applications à faire d'une science, l'anatomie générale se présente à nous comme celle qui traite de tout ce qui sert à la détermination de la nature anatomique et physiologique des humeurs et des tissus sains et morbides, sans rien omettre quant au nombre et aux dispositions des parties simples qui les composent, et qui donnent à ces parties complexes les propriétés qui nous frappent d'une manière immédiate.

Nous avons, au commencement de l'année dernière, étudié les principes immédiats; nous avons vu qu'ils sont de trois ordres: les uns d'origine minérale; les autres d'origine organique, cristallisables ou volatils sans décomposition comme les précédents; les derniers, enfin, sont d'origine organique aussi, mais coagulables et jamais volatils, ni cristallisables.

C'est par l'association, molécule à molécule, de principes de ces trois ordres qu'est formée la substance organisée; ou, en d'autres termes, l'analyse en découvre l'existence en pro-

(1) 10 novembre 1866. — Cette leçon sert tous les deux ans d'ouverture au cours de M. Ch. Robin. C'est celle qu'on invoquait dans les accusations de matérialisme dirigées contre la Faculté de médecine de Paris.

portions diverses dans toutes les espèces d'éléments anatomiques et d'humeurs.

Chaque jour les applications à la physiologie et à la pathologie conduisent à reconnaître que cet examen fait partie de l'étude de la constitution du corps humain, tout en subordonnant cette étude à la chimie. Ainsi aujourd'hui on sait d'une manière nette ce qui caractérise essentiellement la matière organisée ; on sait quels sont les attributs irréductibles et derniers de l'état d'organisation.

On connaissait depuis longtemps les conditions extérieures dans lesquelles doit être placée la substance organisée pour manifester ses propriétés de nutrition, de développement, de génération, de contractilité et d'innervation.

On connaît aujourd'hui d'une manière aussi nette les conditions intérieures de cette activité ; fait important, car, selon l'expression de Cuvier, *la vie suppose l'être organisé comme l'attribut suppose le sujet.*

Comme la physiologie expérimentale prouve péremptoirement qu'il n'existe pas de *forces vitales*, de *propriétés vitales* extrinsèques, indépendantes de la *matière organisée* et se manifestant au-dessus d'elle, c'est-à-dire hors d'elle, rien n'est plus important, en physiologie et en pathologie, que de savoir ce qui caractérise la matière organisée, qu'elle soit ou non douée de formes élémentaires spéciales. Les propriétés qui lui sont inhérentes ne sauraient être observées ni conçues hors de la substance qu'elles escortent exclusivement. Par conséquent, les étudier sans connaître cette substance même, ne peut conduire et ne conduit en effet qu'à des résultats illusoires. Il en est à plus forte raison ainsi, lorsque nous cherchons à interpréter chacune des fonctions organiques sans connaître auparavant les actes élémentaires, c'est-à-dire irréductibles à d'autres plus simples ; car l'exercice de ces fonctions n'est autre chose que la manifestation complexe et simultanée de plusieurs de ces actes élémentaires.

Or, à de rares exceptions près, ces notions fondamentales, sans lesquelles il n'y a qu'illusion et confusion dans la science, sont ce qu'il y a de moins étudié.

Dans ce qu'on entend par *organisation*, il y a autre chose qu'un arrangement mécanique de parties élémentaires figurées ; il y a quelque chose au delà dont il faut tenir compte, et qui gît dans chacune de celles-ci : c'est un état moléculaire spécial de divers principes immédiats dont la substance dite douée d'organisation est composée ; principes ayant souvent passé par un état antérieur qui doit aussi être pris en considération, puisque les corps simples et les corps composés offrent des aptitudes diverses à se combiner avec d'autres, selon qu'ils sortent de telle ou telle combinaison.

Ainsi que de Blainville l'avait déjà assez nettement conçu en 1822, d'après les récents travaux de M. Chevreul, la notion d'organisation envisagée dans ce qu'elle a d'absolument général se réduit à celle d'une association de principes divers, appartenant à trois groupes distincts moléculairement unis en un système commun temporairement indissoluble.

Nous savons aussi que l'état d'organisation présente plusieurs degrés de plus en plus complexes dus à des modes distincts d'association offerts par les parties élémentaires formées de substance organisée.

Une matière complétement homogène, amorphe, sans structure en un mot, pourra être reconnue comme substance organisée, vivante ou ayant vécu, si elle a ce seul caractère : d'être constituée par des principes immédiats nombreux appartenant à trois groupes ou classes distinctes, unis molé[cule] à molécule, par combinaison et dissolution réciproque. C[...] là, il est vrai, le degré d'organisation le plus simple, le [...] élémentaire ; mais c'est le caractère d'ordre organique le [...] général, le plus invariable, et il suffit pour qu'on puisse [...] qu'il y a organisation, que la substance est organisée. T[...] simple qu'est cette organisation, c'est assez pour que la [sub]stance puisse *vivre*, c'est-à-dire être en voie de rénova[tion] moléculaire continue, dès qu'elle se trouve dans un mi[lieu] convenable.

Il suit de là qu'une cellule végétale ou animale, ou t[out] autre élément anatomique ayant forme de fibre, de tube, e[tc.], sont aussi organisés.

Ils ont d'abord pour caractère d'être formés de subst[ance] organisée. Il y a même des éléments anatomiques qui n'[ont] que ce caractère-là : telles sont la substance homogène [du] cartilage, celle de la capsule du cristallin, la matière am[or]phe de la moelle des os, celle de la substance grise du c[er]veau, etc.

Mais, en général, chaque espèce d'*élément anatomique* a [en]core un degré d'organisation plus élevé ; il a en plus un au[tre] caractère d'ordre organique, caractère qu'on ne retrou[ve] nulle part ailleurs que dans les corps vivants, c'est d'av[oir] une *structure*, c'est-à-dire d'être *construit* (*structus*) *de par[ties] diverses de cette substance organisée*. Ces parties constitua[ntes] diffèrent de forme, de volume, de consistance, de couleur, [de] solubilité ; elles diffèrent, en outre, par leurs réactions c[hi]miques, leur composition immédiatement différente. D[ans] une cellule, le corps de la cellule, le noyau, le nucléole, les granulations moléculaires, en sont des exemples.

Un des caractères de la substance organisée est donc de ne pas être identique avec elle-même dans toute la masse de chaque être qui en est constitué. Et dans l'intérieur de chacune des parties douée d'une configuration propre, ayant son mode de naissance, de développement, sa manière propre d'agir, chaque portion qui est à l'état de noyau, de granule de goutte ou de contenu liquide, est formée de substance organisée distincte des autres portions par sa composition immédiate et par le mode d'union moléculaire de ses principes constituants.

Or, toutes ces dispositions spéciales de granulations, corpuscules, etc., qui, dans les éléments ayant une configuration qui leur est propre, présentent des couleurs et des réactions diverses, sont des particularités dites de structure qui doivent être prises en considération ; car chacune de ces parties, quelque petite qu'elle soit, joue certainement un rôle différent des autres, du moment qu'elle réagit autrement au contact des menstrues chimiques, qu'elle a une autre consistance, etc. Chacune attire à elle d'une manière spéciale les principes immédiats nutritifs, ou les expulse d'une façon particulière aussi, dans le double acte d'assimilation et de désassimilation.

Ainsi prise en elle-même, la matière organisée n'a pas de structure ; mais les parties qui en sont construites, comme les *éléments anatomiques figurés*, en offrent une qui leur est propre. Avec cette structure, avec ce caractère d'ordre organique nouveau, nous voyons apparaître dans chaque espèce d'éléments anatomiques, ou seulement quelques particularités de leurs propriétés végétatives fondamentales, ou bien encore l'une ou l'autre des deux propriétés d'un autre

ordre, dites propriétés animales, parce qu'on les trouve chez les animaux seulement, la contractilité et l'innervation.

Il est démontré encore que chaque espèce de cellule, de fibre, de tube, etc., diffère en quelques points des autres espèces sous le rapport du *lieu* où elle se montre, de l'époque où elle naît, alors que quelques instants avant elle n'existait pas, et de la manière dont a lieu cette naissance, à l'aide et aux dépens de matériaux auparavant sans configuration déterminée.

Chacune, à cet égard, est douée d'une individualité qui lui est propre, c'est-à-dire que ce n'est pas d'une seule espèce de cellule type, embryonnaire ou non, que dériveraient par métamorphose directe les autres espèces de cellules, les fibres, les tubes, etc.

Ainsi, en considérant les éléments anatomiques dans leur ensemble, au point de vue de leur naissance, bien qu'ils présentent à cet égard certains faits communs, généraux, tout, dans cette question, ne consiste pas à voir comment par segmentation le vitellus s'individualise en cellules, puis comment ces cellules viendraient se métamorphoser ici en fibres musculaires, là en éléments nerveux, ailleurs en cartilages, en fibres élastiques, etc.

Ces éléments et autres, dont l'existence est permanente, succèdent aux cellules embryonnaires qui sont temporaires, mais n'en proviennent pas directement en toute substance. Chaque espèce offre quelque particularité qui lui est propre quant au lieu, à l'époque et au mode de sa genèse.

Mais, au moment de leur apparition, les éléments anatomiques ne sont pas semblables à ce qu'ils seront plus tard, à l'époque où ils offriront les états dits adultes et séniles.

Après leur naissance vient leur développement, qu'il importe de suivre expérimentalement. Dans cette évolution, chacun se modifie d'une manière particulière, quant à la *forme*, au *volume* et à la *structure;* chacun, si l'on peut ainsi dire, trace à cet égard une courbe qui lui est propre.

C'est pendant la durée de ces changements, et seulement lorsqu'ils sont arrivés à un certain degré, qu'on voit apparaître les qualités physiologiques propres des éléments, qu'on les voit accomplir pour la première fois les actes spéciaux dont chacun est l'exécutant. C'est ainsi que la *contractilité* ne se montre dans les fibres musculaires, l'*innervation* dans les cellules et les tubes nerveux, que lorsque ces éléments sont arrivés à un certain degré de ces changements de volume, de forme et de structure intime; en sorte que l'apparition de la propriété caractéristique d'ordre organique est un fait d'évolution. C'est là ce que démontre l'étude du développement fœtal, sans que, durant cette évolution, rien ne laisse prise à la possibilité d'une intervention du dehors venant apporter brusquement, à un moment donné, telle ou telle de ces propriétés animales dans un élément qui, auparavant, en était dépourvu. Nulle part non plus on ne voit, pendant ce développement, une espèce d'élément prendre les caractères de quelque autre espèce que ce soit : avoir débuté par les caractères d'élément élastique, par exemple, pour prendre ceux de fibre musculaire ou d'élément nerveux, etc., pas plus qu'on ne trouve de transition de l'élasticité à la contractilité, et de la contractilité à l'un des modes quelconques de l'innervation.

Les phénomènes de cette évolution ont été tantôt négligés, tantôt confondus avec ceux de la naissance, à ce point que, dans beaucoup d'écrits, le terme de développement est incessamment employé au lieu de celui de génération. C'est pendant la durée de cette évolution qu'on apprend à connaître exactement ce que sont l'hypertrophie, l'atrophie, les déformations, les modifications de structure accidentelles, séniles ou morbides, qui sont autant de troubles de ce développement, troubles dont la nature ne peut être bien interprétée qu'autant que l'étude de l'état normal précède celle de l'état morbide, mais dont la connaissance est alors d'une utilité capitale en pathologie. Les phénomènes morbides de cet ordre sont, en effet, après ceux d'hypergenèse et de génération hétérotopique, c'est-à-dire de génération de tissus, soit en excès, soit avec erreur de lieu amenant la production des tumeurs, ceux que l'anatomo-pathologiste et le chirurgien sont appelés à voir le plus souvent.

Manifestant des perturbations des propriétés dites de la *vie végétative* qui dominent celles de la *vie animale*, sans être dominées par celles-ci, l'évolution toujours lente de ces produits morbides reste naturellement plus ou moins longtemps sans être perçue, quand elle a lieu au sein des organes profonds et sans léser quelques nerfs de la sensibilité. Toujours, par suite du même fait, la détermination de leur existence à un degré de développement plus ou moins avancé, demeurée ainsi fatalement inconnue jusque-là, est la source d'un profond étonnement, en raison de ce qu'il y a d'ignoré quant aux causes et au mécanisme organique de l'apparition de ces produits pour quiconque n'a pas approfondi l'ordre d'études qui fait l'objet de ce cours.

Après avoir étudié les éléments anatomiques et leurs propriétés dites de la *vie végétative*, comprenant leur génération, leur développement et leur nutrition, propriétés communes à toutes les parties élémentaires formées de substance organisée, j'ai eu à vous signaler encore l'existence des propriétés dites de la *vie animale*, lorsque nous sommes arrivés à l'examen des éléments musculaires et nerveux. Ces propriétés sont, en effet, la *contractilité*, inhérente aux fibres musculaires, qui présente deux modes : la *contractilité lente* des fibres lisses, et la *contractilité rapide* des fibres striées; puis enfin l'innervation inhérente aux éléments des tissus nerveux, central et périphérique.

Le mot *innervation* est le terme générique qui sert à désigner l'activité propre des fibres et des cellules nerveuses, dont la continuité depuis la substance grise de l'encéphale jusqu'à leur terminaison dans les organes périphériques n'est plus un objet de doute.

Les manifestations de cette activité s'offrent à nous sous trois modes distincts : 1° la *sensibilité*, ou transmission des impressions externes et viscérales de la périphérie aux centres de perception encéphaliques, par les tubes nerveux à cellules ganglionnaires; 2° la *motricité*, ou incitation de la contraction musculaire, transmise des centres cérébro-rachidiens vers les muscles, par les nerfs non ganglionnaires; 3° les *actes d'innervation centrale*, dits de volition ou de pensée instinctive et intellectuelle, qui, dans l'encéphale, ont pour condition d'existence les tubes cérébraux, et particulièrement la substance des circonvolutions cérébrales, surtout composée de cellules nerveuses rendues solidaires par leurs anastomoses. Mais ici on doit tenir compte de toute une série de particularités des plus importantes, en ce que, pour que ces actes se manifestent, il est nécessaire que ces organes se trouvent dans certaines conditions d'intégrité au point de vue de la composition immédiate et de la texture de leurs éléments,

de régularité, en ce qui touche la circulation encéphalique, de pression, etc., etc. Ce n'est nulle part ailleurs dans l'économie que doivent être recherchées les conditions d'accomplissement des actes de volition, et quand s'altère cette texture, quand cessent d'exister les autres conditions auxquelles je viens de faire allusion, ces actes cessent, ou sont troublés, ainsi que vous le verrez en étudiant l'apoplexie, le ramollissement cérébral, le délire et les maladies mentales. Ce sont là des données vérifiables dans toute la série des êtres pourvus d'un encéphale jusqu'à l'homme. Mais je laisse ce sujet, qui nous mènerait hors de l'anatomie générale ; car, je le répète, l'objet de celle-ci est l'examen des données communes à l'ensemble des êtres vivants concernant les états de la substance organisée amorphe ou figurée qui se prêtent à l'accomplissement des divers actes que je vous ai énumérés, et qui sont dits d'*ordre organique*, parce que l'état d'*organisation* en est la condition *sine quâ non*.

Tous ces faits, les uns de l'ordre anatomique ou statique, les autres de l'ordre physiologique ou dynamique, quel que soit leur degré d'élévation, c'est-à-dire de généralité, sont aujourd'hui démontrés par l'observation poursuivie dans la série des êtres et dans la succession des âges de chacun d'eux, aussi nettement que quelque donnée de détail que ce soit concernant les usages de tel ou tel organe. C'est là un point important à bien spécifier dans un enseignement qui ne sort pas des questions démontrables par les moyens d'investigation si précis que nous possédons. Il faut particulièrement examiner certaines de ces questions ramenées du domaine de la spéculation conjecturale dans celui de la démonstration par la méthode expérimentale, qui, depuis un demi-siècle, change la face des sciences ; il faut, pour la dignité de la science, comme pour satisfaire aux nécessités de la pratique de l'art, éliminer tout ce qui, dans ces conceptions, est purement fictif : car rien n'est plus dangereux, dans les applications de la science, en médecine surtout, que de s'appuyer sur des vues de l'esprit dont la validité ne peut être démontrée. Je dois vous citer ici un exemple important de cet ordre de notions directement lié à l'étude de l'histologie.

Vous savez que toute propriété générale de la matière présente, dans ses manifestations, quelque particularité selon les conditions relatives à la constitution physique et moléculaire spéciale du corps que nous soumettons à notre examen ; elle en offre aussi qui se rapportent au milieu extérieur dans lequel il est plongé, comme, par exemple, l'eau, l'air ou le vide.

En dehors de ces conditions particulières, ces propriétés ne se manifestent plus. Elles sont d'ailleurs immanentes à la matière brute, ne se montrent jamais hors d'elle ; et, bien qu'elles ne se présentent pas avec une identité absolue de caractères dans les différentes espèces de matières, elles n'offrent pas moins toujours un fonds commun de similitude, qui suffit pour les faire reconnaître.

Il en est de même des propriétés qui escortent la substance organisée tant qu'elle conserve son intégrité, et, à plus forte raison, il en est ainsi des actes complexes résultant de leur manifestation simultanée. On les voit s'accomplir normalement, se modifier ou même disparaître complétement, suivant que les conditions nécessaires à leur manifestation se trouvent plus ou moins bien réalisées.

Ces conditions sont de deux ordres : les premières sont *intrinsèques*, c'est-à-dire relatives à la constitution physique et moléculaires des éléments anatomiques ; ou mieux, à l nature chimique, aux proportions quantitatives et à l'ét physique des diverses espèces de principes immédiats do ces éléments se composent.

Ces principes immédiats sont nombreux, presque tous pe stables par eux-mêmes et moins stables encore dans leu combinaisons réciproques, ce qui favorise singulièrement mouvement d'*élimination* et d'*assimilation*, et, par suite, nutrition. Quand l'échange a lieu entre des principes imm diats analogues à ceux qui composent normalement les él ments anatomiques, la nutrition s'opère régulièrement quand, au contraire, il s'introduit des principes étrangers la place des principes normaux, la nutrition est viciée et l'o ganisme souffre. Cette mobilité chimique des principes im médiats, si nécessaire et si bien appropriée à la rénovatio moléculaire des éléments anatomiques, explique en même temps les variations nombreuses que l'on observe dans la ma nifestation des propriétés d'ordre organique ou vital.

Les autres conditions sont *extrinsèques*, c'est-à-dire exté rieures à la substance même qui agit, qui possède les propri tés : conditions de température, d'humidité, apportées pa des humeurs de différentes natures, etc. Ces conditions, bien qu'intérieures par rapport à l'organisme tout entier, n'en son pas moins extérieures par rapport à l'agent essentiel (fibre tube ou cellule). Elles sont aux éléments anatomiques, ac teurs intimes de l'organisme individuel, ce que les milieu atmosphériques (eau, air, etc.) sont aux végétaux et aux ani maux envisagés collectivement.

La vie n'existe que lorsque se trouvent réunis à un degré suffisant d'intégrité ces deux ordres de conditions néces saires, les unes relatives à la constitution intime de l'élément anatomique, les autres à la composition du milieu où séjourne cet agent immédiat. On voit alors que par la nutrition il y a rénovation incessante de la matière organisée ; par le déve loppement, cette matière augmente ou diminue de masse avec ou sans changement de structure de ses éléments ; enfin, par la genèse ou par la reproduction, il apparaît des éléments nouveaux entre ceux qui existent déjà.

La contractilité et l'innervation, à leur tour, ne se manifes tent que là où il y a rénovation moléculaire ; mais d'autres conditions d'ordre physique et chimique sont en outre né cessaires à leur manifestation dans les espèces d'éléments ana tomiques doués de propriétés animales. Il faut, soit l'impres sion ou le contact préalable des agents extérieurs physiques ou chimiques sur les éléments contractiles et innervables, soit l'action réciproque de l'innervation sur la fibre contrac tile et de la contractilité sur le tube nerveux sensitif. Lors qu'on observe les différences qui séparent les propriétés vé gétatives des propriétés animales ; lorsqu'on songe en même temps au petit nombre d'éléments anatomiques qui sont affectés à ces dernières chez les animaux, tandis que les pre mières sont répandues sur la totalité des éléments végétaux, on n'est pas étonné que des conditions spéciales soient néces saires à la manifestation de l'innervation et de la contracti lité. On ne s'étonne pas non plus de constater que les prin cipes immédiats normaux ou accidentels qui modifient, par leur élimination et leur assimilation incessantes, la constitu tion moléculaire des éléments nerveux et musculaires, modi fient également leurs propriétés spéciales d'innervation et de contractilité. Ces propriétés elles-mêmes (contraction et con tractilité) n'ont au contraire aucune influence *directe* sur la

nutrition, le développement et la génération des éléments dont elles sont l'attribut physiologique, non plus que sur la nutrition, le développement et la génération des éléments doués exclusivement des propriétés végétatives.

Aussi comprend-on difficilement que certains auteurs puissent encore confondre sous le nom commun d'*irritants* ou *excitants* de la matière vivante : 1° les principes immédiats, normaux ou accidentels, qui président à la nutrition, à la génération et au développement des éléments anatomiques ; 2° les conditions physiques et chimiques qui amènent les manifestations de l'innervation et de la contractilité; 3° enfin, l'innervation motrice, qui, en passant du tube nerveux à la fibre musculaire, suscite la contraction.

Puisque la nutrition, la génération et le développement ne peuvent avoir lieu sans l'intervention des principes immédiats, on ne saurait étudier ces propriétés sans tenir compte de ceux-ci, et l'on ne peut les dire *excitants* de ces propriétés, puisque sans eux il n'y a ni substance organisée, ni qualités qui lui soient propres; puisque, en un mot, ils constituent la substance elle-même et que sans leur intervention incessante elle demeure inerte; de là des propriétés qu'elle partage avec la matière brute. Il y a là une erreur qui a pour cause l'absence complète de méthode dans l'étude des principes immédiats et des lois de leur association moléculaire dans la substance même, configurée ou non en éléments anatomiques; elle a pour cause non moins importante le peu d'attention que nous mettons à distinguer les divers degrés de complication croissante, qu'à partir de ce premier terme présente l'*état d'organisation*.

Il y a là une importation vicieuse, dans l'étude des propriétés végétatives, de la notion des variations d'activité des propriétés animales, en plus ou en moins, quant à la rapidité et à l'intensité, que plusieurs parties diverses peuvent offrir chacune à sa manière : ainsi tantôt ce sera la partie cérébrale présidant aux actes volontaires qui les manifestera le plus vite et le plus tôt; tantôt ce sera celle qui préside au langage, etc. En fait donc, le mot *irritabilité* signifie un degré d'activité de l'innervation en plus ou en moins, dans telle ou telle partie du système nerveux, mais ce terme ne désigne pas une propriété distincte, immanente à toutes les espèces d'éléments de l'organisme vivant.

L'embryogénie et la physiologie expérimentale protestent l'une et l'autre contre l'existence de cette propriété dominante, commune à toutes les formes de substance organisée, de ce caractère générique essentiel, dont les propriétés de nutrition, de génération, de développement, de contractilité et d'innervation ne seraient que des adjectifs, des espèces : l'irritabilité ainsi comprise n'est qu'une pure entité, un être de raison, dont on a supposé l'existence dans l'ignorance absolue où l'on était des propriétés élémentaires ou actes intimes de l'économie. Les médecins qui admettent encore cette prétendue propriété, et dont certains s'insurgent si fort contre la *funeste influence* de l'école physiologique, ne s'aperçoivent pas qu'ils en sont encore en anatomie générale et en physiologie où en étaient Broussais et ses prédécesseurs.

La confusion précédente tient, en outre, à une hypothèse, encore admise par beaucoup de physiologistes et de médecins de nos jours, à savoir, qu'il y a une propriété générale de la matière organisée dominant toutes les autres, même la nutrition, par son caractère d'universalité. C'est à cette vue subjective qu'on avait donné le nom d'*irritabilité*. Mais ce terme ne désigne aucune action spéciale *élémentaire*, c'est-à-dire indivisible ou irréductible, aucune propriété appartenant spécialement à telle ou telle espèce d'élément anatomique. C'est à tort surtout que ce terme a été appliqué aux propriétés végétatives, et que certains auteurs parlent de l'*irritabilité* ou de l'*irritation* de la nutrition ; que remplaçant par cette entité la notion des conditions d'existence et d'activité de la matière organisée, ils laissent croire depuis le titre jusqu'au texte de leurs écrits que rien ne se fait sans l'*irritation* dans la génération, le développement et la nutrition de chaque tissu. Par là on évite, il est vrai, l'obligation d'une analyse catégorique des conditions de texture, de circulation, etc., indispensable à la connaissance de la réalité sur ce sujet : mais ce biais n'est qu'un leurre que la pratique de l'art médical rend plus sensible encore que la science.

L'école médicale allemande actuelle suit, au point de vue des dogmes scientifiques servant de base à ses interprétations physiologiques et pathologiques, les errements de Broussais et de ses prédécesseurs. Elle admet, comme lui, que l'irritabilité est commune à tous les tissus, et qu'il y en a trois espèces : l'irritabilité fonctionnelle, l'irritabilité nutritive et l'irritabilité formatrice.

Autant qu'on peut le comprendre, en présence ici de l'épithète *fonctionnelle*, l'espèce d'irritabilité ainsi nommée répond à l'irritabilité nerveuse et à l'irritabilité musculaire des autres auteurs. Admettre qu'il y a une *irritabilité nutritive* et une *irritabilité formatrice*, c'est admettre que l'*irritabilité est commune à tous les êtres vivants, depuis le végétal jusqu'à l'homme*.

Admettre que tout ce qui est vivant est irritable, et que tout ce qui est mort ne l'est pas, revient à reconnaître que tout ce qui est vivant est ce qui se nourrit, se développe, se reproduit; que ce qui est mort est ce qui ne manifeste plus les propriétés végétatives de nutrition, développement et génération.

Mettre l'irritabilité comme chose commune, au-dessus des propriétés végétatives et animales et dont celles-ci ont besoin pour se manifester, revient donc simplement à donner à la substance organisée *la propriété d'avoir des propriétés* de nutrition, de développement, de génération, et chez quelques espèces d'éléments, celles de contractilité et d'innervation.

On a voulu à tout prix, par amour pour l'unité, faire sourdre de l'innervation cérébrale individuelle l'entité *irritabilité*, pour l'en détacher ensuite et en imprégner chaque espèce d'élément anatomique. Mais cette irritabilité commune par laquelle on croyait expliquer la nutrition, le développement, etc., comme autant d'effets de cette force, alors qu'on ne pouvait en étudier les lois, ne sert à rien aujourd'hui que ces phénomènes peuvent être observés et soumis à l'expérimentation. Elle ne dispense pas de rechercher la nature et l'association moléculaire des principes immédiats; elle ne remplace ni les réactifs, ni le microscope pour classer les éléments anatomiques, déterminer les phases de leur évolution, leurs modes de nutrition, de genèse et de reproduction ; elle ne rend compte en rien des propriétés de contractilité et d'innervation spéciales à quelques-uns de ces éléments.

Par contre, une pareille entité, livrée à l'arbitraire des imaginations et des interprétations individuelles, devient une source de confusion des plus nuisibles, comme le montrent les écrits de ceux qui s'en servent. Le peu de consistance de l'hypothèse irritabilité est cependant facile à reconnaître : on peut lui appliquer mot pour mot ce que Broussais lui-même disait

de la sensibilité, à ceux qui l'admettaient dans la fibre musculaire, concurremment avec la contractilité : « Lorsque la fibre, pour avoir été touchée par un agent quelconque, se met en état de contraction, on juge qu'elle a senti la présence de cet agent; de là l'expression de *sensibilité*. On a donc attribué à la fibre vivante la *sensibilité et la contractilité*. Mais, si le véritable sens de ces deux mots se réduit à ce qui suit : « *La fibre s'est contractée parce qu'une cause l'y a déterminée*, il est clair que la première de ces deux propriétés rentre nécessairement dans la dernière. »

« En effet, *si la sensibilité de la fibre n'est démontrée que par sa contraction, dire qu'elle est sensible, c'est dire qu'elle s'est contractée*. Je ne vois aucune réponse à cet argument. Il y a déjà longtemps que cette vérité a été sentie. » (Broussais.)

Il n'est pas moins juste de dire : si l'*irritabilité* de la fibre, de la cellule, etc., n'est démontrée que par sa *nutrition*, son *développement*, sa *reproduction*, sa *contractilité*, son *innervation*, dire qu'elle est irritable, c'est dire qu'elle s'est nourrie, développée, reproduite, contractée, etc.; ou dire qu'elle est *plus ou moins irritable*, revient exactement à dire qu'elle est *plus ou moins contractile*, etc.; et cela en raison des modifications intimes de sa substance ou des conditions ambiantes, modifications qui sont précisément ce qu'il s'agit d'étudier en pathologie, et que l'hypothèse irritabilité n'explique pas le moins du monde.

Quant aux principes immédiats normaux, accidentels ou toxiques même, ce sont les conditions d'accomplissement, d'augmentation, de diminution ou encore de cessation complète de la nutrition ou rénovation moléculaire de la substance organisée. Ils représentent par suite ces mêmes conditions par rapport au développement et à la reproduction des éléments anatomiques. On ne saurait donc leur donner le nom d'*excitants*, nom qui semble indiquer qu'ils s'adressent à une propriété spéciale de la matière organisée autre que celles de nutrition, de reproduction, etc. Il est surtout erroné, et par suite dangereux, de ranger ces principes immédiats sous le même nom générique que les conditions physiques et chimiques qui suscitent la manifestation de la contractilité dans les épithéliums à cils vibratiles et dans les fibres musculaires, de l'innervation sensible et motrice dans les tubes nerveux. Car ces éléments reçoivent et rejettent les principes immédiats comme ceux qui ne sont pas contractiles et innervables, sans que cela suffise pour qu'ils sentent ou se contractent. Pour qu'il y ait contraction, innervation motrice ou sensitive, il faut, en effet, que d'autres circonstances s'ajoutent à celles-ci.

Ainsi, dans la fibre musculaire, ou les éléments nerveux, qui, placés dans certaines conditions de constitution et de rénovation moléculaire, de température, d'humidité, etc., se contractent ou transmettent certaines impressions, ou perçoivent ce qui est transmis, il n'y a pas plus d'*excitabilité*, au-dessus et en dehors de la contractilité et de l'innervation, qu'il n'y en a dans le fer qui s'oxyde au contact de l'air et de l'eau. Excitabilité et irritabilité sont tout un, en ce sens que ces mots désignent uniquement des degrés de deux propriétés de la vie animale.

Dans l'action de l'électricité, des acides, etc., sur les éléments anatomiques qui manifestent telle ou telle de leurs propriétés à leur contact, ces conditions d'activité ne méritent pas le nom d'*excitants* à un autre titre que ne le méritent les acides, l'eau, etc., déterminant la manifestation de l'oxydabilité du fer.

L'étude des sciences montre que tous les corps, quels qu'ils soient, ne marchent qu'escortés de toutes leurs propriétés au-dessus desquelles ne plane aucune qualité plus générale et commune à tous. Si les corps organisés semblent faire exception à cet égard, l'expérimentation prouve que cette exception n'est qu'apparente ; elle tient à ce que les propriétés spéciales et caractéristiques de ces corps ne persistent naturellement, et comme on devait s'y attendre, que tant que persiste le mode d'association des molécules dit *état d'organisation* ; état peu stable, et qui, parce qu'il est atomique dans ce qu'il a de caractéristique, peut cesser d'être avant que les attributs physiques, mécaniques et géométriques aient varié. C'est donc en fait parce que l'organisation manque dans ce qu'elle a d'essentiel, et non encore par la forme, la consistance ou la couleur des tissus, que la nutrition, la contractilité et l'innervation disparaissent, ce qui caractérise l'état de *mort*. C'est là une des données les plus importantes de toutes celles dont nous sommes redevables à l'anatomie générale.

Mais si la substance organisée offre quelque chose de plus que la matière brute, elle ne fait aucune exception en ce qui touche ce qu'elle nous présente, aux points de vue statique et dynamique, à côté de ce que nous connaissons de plus général dans ce que nous pouvons atteindre de l'immensité des espaces et de l'intimité des corps. De là l'importance que l'on doit donner à l'étude de ce qu'a de fondamental l'*état d'organisation*, cette notion seule pouvant permettre de comprendre ce qu'offrent d'essentiel les propriétés d'ordre organique, c'est-à-dire ce que sont la vie et la mort, dans ce qu'elles ont de plus général, comme dans leurs manifestations les plus rudimentaires.

En résumé, les expressions irritabilité et irritation nutritive, plastique, formatrice des cellules, des fibres, etc., irritabilité ou irritation nerveuse et fonctionnelle, ne représentent qu'une conception ontologique, une entité, une création de l'esprit, par laquelle on attribue à la substance organisée une propriété qu'elle n'a pas ; à moins qu'on ne désigne simplement par ces mots, les propriétés mêmes de nutrition, de développement, de génération, de contractilité et d'innervation, ou la possibilité de leurs variations; mais alors il serait important de le spécifier, car le peu d'utilité de cette sorte de désignations est manifeste.

Ces propriétés élémentaires sont bien les seules qui, dynamiquement, caractérisent la substance organisée. Il n'y en a point de plus générale ; et c'est en vain qu'on voudrait prétendre que la nutrition, le développement, la reproduction, la contractilité et l'innervation ne sont que les modes divers de l'irritabilité. L'*irritabilité nutritive*, l'*irritabilité formatrice* et l'*irritabilité fonctionnelle* sont des illusions au même titre que le terme générique *irritabilité*. En dehors des propriétés élémentaires de nutrition, de développement, de génération, de contractilité et d'innervation, il n'y a rien, absolument rien dans les éléments anatomiques. Loin d'être une propriété commune, irréductible, qui domine et embrasse toutes les autres, l'irritabilité n'est qu'une conception subjective, bonne tout au plus à désigner les divers degrés de l'innervation cérébrale ou sensitive.

C'est si peu là une propriété irréductible, que l'on constate chaque jour, sur les éléments anatomiques des plantes et des animaux, l'existence de la *nutrition* sans le *développement*, le *développement* sans la *génération*, la *contractilité* sans l'*innervation;* enfin ces deux dernières propriétés elles-mêmes peu-

vent exister encore alors que la génération et le développement ont cessé d'être. Mais nulle d'elles ne se manifeste dès que la nutrition a cessé; et nulle part l'*irritabilité* ne se constate après la cessation de la nutrition. De même, si l'on fait disparaître expérimentalement l'innervation d'un nerf, la contractilité d'un muscle, la reproduction d'une cellule, etc., jamais l'*irritation* ne persiste. En sorte que toujours la suppression du mode (nutritif, évolutif, etc.) entraîne la disparition du genre (irritabilité) dont on a supposé l'existence. Tout mode dérivant d'un attribut, l'hypothèse qui admet l'irritabilité est complétement dénuée de fondement, puisqu'elle est démentie par l'observation; ce prétendu genre, ne faisant qu'un avec les espèces qu'il était censé contenir, s'évanouit comme une vue subjective, inutile en face de la réalité connue.

Le terme *irritation* et l'idée des *irritants* sont donc inutiles et dangereux, pour la physiologie normale et la pathologie, puisqu'ils donnent une idée complétement fausse des phénomènes élémentaires, aujourd'hui assez bien connus expérimentalement et par l'observation directe, en eux-mêmes et dans leurs perturbations, pour qu'il ne soit plus nécessaire de faire intervenir dans leur interprétation autre chose que les lois mêmes de tous ces actes. Rien en effet de plus dangereux que de vouloir illusoirement, contrairement à toutes les données des investigations modernes, les faire régir par cette nouvelle sorte de principe métaphysique qui ne ferait que remplacer le *principe vital* des médecins vitalistes ou l'âme immatérielle de Stahl et des autres animistes, dirigeant les opérations de tous les organismes.

Revenons actuellement, pour terminer, au côté plus purement anatomique des questions que je suis appelé à traiter devant vous.

Les éléments anatomiques figurés se classent naturellement en quatre groupes, selon qu'ils ont la structure de cellules, de fibres, de tubes et de substances homogènes creusées de cavités, avec ou sans cellules contenues. Ces groupes acquièrent une importance presque égale, quant au nombre des espèces qu'ils renferment, lorsqu'au lieu d'envisager un seul ordre d'animaux tels que les mammifères, on les suit dans la série animale.

Les éléments anatomiques étant les corps simples, irréductibles, sauf destruction mécanique ou chimique, dont sont composées les parties du corps visibles à l'œil nu, doivent être étudiés avant les parties qu'ils constituent. Et comme dans la plupart des tissus il entre plusieurs espèces différentes d'éléments, de même que dans un oxyde, un sel et autres composés chimiques, il entre plusieurs corps simples, il devient nécessaire de décrire chaque espèce des éléments, l'une après l'autre, avant de passer à l'examen des parties complexes de l'économie qu'elles forment par leur association.

Cette étude est parfois aride, mais elle est indispensable et a été faite ainsi dans le précédent semestre.

Cette marche logique, cette description de toutes les espèces d'éléments successivement avant celle des tissus a été vivement attaquée, d'après cette raison qu'elle serait aride et ennuyeuse. On a prétendu que nul auditoire ne s'y soumettrait. Vous avez prouvé le contraire, l'an dernier.

On peut certainement, en procédant empiriquement et contre toute méthode, décrire les éléments et les tissus ensemble, sans distinction, comme le font beaucoup d'auteurs; mais cette marche, purement empirique et illogique en fait, conduit à de nombreuses confusions des notions qui appartiennent aux éléments avec celles qui se rapportent aux tissus. J'en ai signalé en décrivant les éléments, et j'en signalerai d'autres dès le début de l'étude des tissus. Ces confusions inévitables passent d'abord inaperçues, mais leurs inconvénients se manifestent par les erreurs auxquelles elles conduisent lors des applications de l'histologie à la physiologie et à l'anatomie pathologique. Dans l'étude des tissus sains, elles ont empêché pendant longtemps de se rendre compte d'une manière exacte des causes de la différence existant anatomiquement et physiologiquement entre le tissu des nerfs périphériques et celui de la moelle épinière; entre le tissu des muscles soumis à la volonté et celui du cœur. En anatomie pathologique, elles ont fait que longtemps on a méconnu la nature des tumeurs qui résultent de l'hypergenèse, en un point donné d'un tissu, de certains éléments qui y existent en si petite quantité à l'état normal, qu'on négligeait d'en tenir compte, et qu'on appelait hétéromorphes ces tumeurs, faute d'avoir appris à en déterminer la provenance et la nature réelles par l'étude méthodique de chaque espèce d'éléments. De cet examen logique de toutes les parties composantes avant celles des parties qui en sont composées, résultent des notions générales, importantes, telles que celles que j'ai rappelées touchant la génération, le développement, la nutrition, les sécrétions. Or, ces généralités passent inaperçues ou sont confondues avec celles d'un autre ordre, si l'on ne procède ainsi. Une fois qu'elles ont échappé à l'esprit, beaucoup de faits physiologiques nécessaires à l'interprétation des symptômes de diverses affections sont mal interprétés; et il en est de même en thérapeutique, en ce qui concerne l'étude de la manière dont les principes immédiats médicamenteux vont se fixer, dans un tissu, à telle espèce d'éléments anatomiques, à l'exclusion de certains autres éléments, et modifier ainsi les propriétés des premiers sans que varient celles des seconds.

Ici, comme en toute recherche scientifique, il faut avoir accompli cette étude, s'être soumis de toute nécessité à la méthode, quelque pénibles que soient les débuts de cette soumission, pour en apprécier les résultats, l'utilité, et pour comprendre réellement les désavantages de son omission; car, dans les sciences organiques, nulle supériorité intellectuelle ne peut prévaloir sur l'observation.

Sans m'arrêter plus longtemps sur ce sujet, je vous rappellerai que j'ai ensuite commencé l'histoire des parties complexes de l'économie, comprenant l'étude des humeurs et celle des tissus. J'ai achevé la première, appelée *hygrologie*, et je vais faire la seconde, plus étendue, non moins importante, qui est la seule qui mérite le nom d'*histologie* proprement dite.

CH. ROBIN.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'AMIENS.

M. LA VIEILLE.

Constitution politique et sociale du Japon.

S'il est vrai qu'heureux soient les peuples qui n'ont pas d'histoire, il semble que le Japon n'ait rien à souhaiter. En effet, les renseignements relatifs à ce pays, sur lesquels on peut faire quelque fond, datent à peine de trois siècles.

Certains auteurs font remonter sa fondation six cents ans environ avant notre ère; d'autres, plus aventureux, la font contemporaine des premiers temps de la Chine et lui attribuent ainsi deux mille ans d'existence de plus. S'il fallait en croire les Japonais eux-mêmes, leur nation aurait une origine toute divine. Un jour un rayon de soleil serait entré en conjonction avec la mer, et de là serait sortie la souche du peuple intéressant qui, après être resté si longtemps étranger au restant du monde, paraît appelé à devenir le trait d'union entre le vieil Occident et l'extrême Orient.

Pour mon compte, je serais assez disposé à voir dans cette poétique allégorie le souvenir de la première émigration chinoise au Japon. Les peuplades autochthones durent vivre longtemps dans un isolement absolu et à l'état sauvage. Les quelques rares vestiges que l'on en trouve encore dans l'île de Yesso n'ont pas changé et donnent une juste idée de leurs mœurs. J'ai eu la bonne fortune de voir deux de ces survivants d'un autre âge, que l'on nomme Aïnos: courts, trapus, les lèvres épaisses et pendantes; le système pileux assez vivace pour que certains voyageurs aient prétendu qu'ils étaient couverts de poils comme des animaux; parlant un idiome presque inintelligible, vivant de la pêche et de la chasse, se couvrant de peaux de bêtes ou de grossiers tissus; d'une curiosité et d'une simplicité enfantines, tout en eux rappelle les tribus les plus primitives que l'on rencontre encore quelquefois dans les profondeurs du nouveau monde.

Or, il est certain que la Chine était déjà arrivée à un grand degré de prospérité longtemps avant l'ère chrétienne; ses annales, qu'il est facile de dégager du merveilleux et des fantaisies orientales, ne laissent aucun doute à cet égard. Souffrant dès lors, comme aujourd'hui, d'un excès de population et poussée par cet esprit d'industrialisme qui l'a fait se répandre successivement dans toute la Malaisie et sur tous les points de l'océan Pacifique, il est impossible qu'elle n'ait pas songé de bonne heure à conquérir le Japon qui était à ses portes, et qui devait exciter ses convoitises par les richesses qu'il promettait.

Le débarquement d'un peuple inconnu, hardi, entreprenant, ne manquant pas d'un certain appareil de puissance et de grandeur, dut profondément frapper les imaginations de nos pauvres indigènes, et put leur faire croire à l'intervention d'êtres supérieurs, d'essence céleste.

Cette croyance était trop favorable aux projets des envahisseurs et trop d'accord avec l'orgueil chinois pour rencontrer des contradicteurs, et c'est ainsi que la tradition l'aurait perpétuée de siècle en siècle jusqu'à nous.

Cette interprétation me paraît d'autant plus vraisemblable, que l'on retrouve dans la race japonaise actuelle l'empreinte profonde du type chinois. Les traits généraux de la physionomie, en particulier chez les hommes, sont les mêmes chez les deux peuples; la nourriture des uns et des autres se compose uniquement de riz, de poisson, de porc et de thé; Bouddha et Confucius se partagent leur foi et leurs adorations; les caractères de l'écriture sont les mêmes à Yédo et à Pékin; enfin les Japonais n'ont pas de littérature nationale; la seule qu'ils possèdent est d'origine chinoise, de même que leur théâtre, leurs rites, leur cérémonial, etc.

Suivant la règle immuable, les vaincus furent absorbés et disparurent; une nouvelle nationalité se forma, c'est celle qui nous occupe. Pour la suivre dans ses développements successifs, il faudrait entasser hypothèses sur hypothèses, et se lancer dans un monde de conjectures qui ne saurait conven à des esprits pratiques comme les vôtres. Ici, en effet, rien ce que l'on rencontre partout ailleurs, en Chine, dans l'Ind en Afrique, en Amérique, pour jeter quelques lumières s le passé; pas un monument, pas un temple qui ne soit éle d'hier; nulle part une date, une ruine, qui permettent savant ou au philosophe de remonter à travers le temps de reconstituer l'histoire de ce singulier peuple.

Franchissons donc d'un bond cette période de ténèbres arrivons au commencement du XVI[e] siècle. C'est seulement cette époque que le Japon commence à attirer l'attention l'Europe, et c'est depuis lors que l'on peut en parler avec u suffisante exactitude.

Ce furent les Portugais qui y abordèrent les premiers ve 1540. Ces hardis navigateurs, qui venaient de découvrir l route des Indes, avaient déjà de riches et d'immenses posse sions en Asie, mais la glorieuse dynastie d'Aviz semblait vou loir les étendre jusqu'aux confins du monde.

Bientôt des établissements importants furent créés à Naga saki; des relations commerciales s'établirent avec les Inde et les pays voisins, et atteignirent en peu de temps des pro portions considérables. Saint François-Xavier, obéissant au plus nobles inspirations, arriva lui-même avec quelques prê tres et put se livrer sans de sérieuses résistances à ses pieu travaux. Les succès qu'il obtint furent vraiment merveilleux en quelques années plus de vingt mille indigènes reçurent le baptême; aussi ce grand homme de bien, dont le nom est en core populaire au Japon, écrivait-il : « Lorsque je parle des » Japonais, je ne saurais finir; ce sont les véritables délices » de mon cœur. » Une sainte ferveur semblait embraser le pays tout entier: partout les conversions se multipliaient; des églises s'élevaient de toutes parts, et l'on vit la croix se dres ser jusque dans les murs de Miako, la ville sainte, le sanc tuaire du culte des Kamis. Malheureusement cet éclat ne fut que passager. En 1590, le fameux Taïko-Fideyosi, sur lequel je reviendrai plus loin, fut appelé à la haute dignité de sio *goun* ou de général en chef par le mikado. D'un caractère violent et ombrageux, il ne put voir sans défiance les progrès des Espagnols et des Portugais, dont le nombre allait toujours en croissant. Les missionnaires surtout excitèrent ses soup çons et sa colère; apôtres d'une religion populaire, représen tants de doctrines nouvelles que toutes les classes accueillaient avec enthousiasme, ils devaient payer de leur sang le crime d'avoir voulu émanciper un pays que l'on s'étudiait à main tenir dans l'ignorance et la servitude.

Le bannissement des uns et la mort des autres furent promptement décidés. Des arrêts de proscription furent pu bliés; une horrible persécution commença contre les chré tiens, qui se montrèrent inébranlables et confessèrent, assure t-on, leur foi au milieu des plus affreux tourments.

Le catholicisme disparut dans cette tempête, et pour sau ver leur vie, tous les étrangers durent quitter à la hâte un sol qui, après leur avoir donné de si riches espérances, se retournait contre eux et menaçait de les dévorer jusqu'au dernier. Il y eut cependant une exception en faveur des Hol landais, qui avaient su, par de basses complaisances, capter les bonnes grâces des agents du siogoun. Ils furent autorisés à rester à Nagasaki et à y continuer leurs affaires. Cette faveur peu enviable, tranchons le mot, peu honorable, fut payée par des humiliations telles, qu'en 1854 une grande nation, plus soucieuse de sa dignité, déclarait solennellement à Yédo:

» tion tendante à la soumettre aux obligations imposées aux » Hollandais ». Quoi qu'il en soit, ces derniers acceptèrent toutes les restrictions qu'il plut aux autorités japonaises de leur infliger, et grâce à cette regrettable condescendance, ils restèrent pendant plus de deux cents ans les seuls intermédiaires de l'Europe avec le Japon, absorbant à leur profit un commerce important et d'immenses bénéfices.

Cependant la république des États-Unis, que je me plais à saluer en passant comme la terre de l'industrie et de la liberté, avait compris depuis longtemps toute l'importance qu'il y avait pour elle à entrer en relations suivies avec cette riche contrée. Dans le courant de l'année 1852, le congrès décida que des forces navales imposantes seraient envoyées le plus tôt possible à Yédo, avec la mission de réclamer et au besoin d'exiger l'ouverture de certains ports, en même temps que la liberté de commerce, de résidence et de propriété pour les sujets américains. Le commandement de cette expédition fut donné au commodore Perry, vieux et héroïque marin dont le nom se lie étroitement avec les plus glorieux souvenirs de la marine des États-Unis, et qui, mieux que personne, pouvait en assurer le succès. Partie en octobre 1852, elle arriva à sa destination le 8 juillet 1853, et causa une profonde émotion. Sans perdre un instant, le commodore fit connaître son arrivée et le but de sa mission au gorodjio, sorte de ministère assistant le siogoun pour l'expédition des affaires. De nombreux pourparlers eurent lieu, dans lesquels la ruse proverbiale des races orientales vint échouer devant l'attitude énergique et décidée du représentant de l'Amérique. Bref, le gorodjio, mettant en avant la nécessité de préparer le peuple à un aussi grand événement, mais bien, plutôt pour gagner du temps, demanda un délai d'un an avant de répondre au message du président Fillimore et de faire connaître la décision du gouvernement. Ce délai fut accordé, et ce ne fut pas sans un profond étonnement qu'à son retour, le commodore Perry reçut l'assurance officielle que satisfaction entière allait être donnée à ses demandes. Les autorités japonaises avaient compris qu'il valait mieux accorder de bonne grâce que de se laisser arracher par la force des concessions dont le canon n'aurait fait d'ailleurs qu'augmenter le nombre et l'importance. Un traité fut signé, en vertu duquel les ports de Simoda et Hakodadi devaient être ouverts sans entraves aucune. C'est de cet acte fameux que date la nouvelle ère dans laquelle l'empire du Japon est entré, ère de lumière et de progrès, et la grande république des États-Unis peut à juste titre en revendiquer tout l'honneur.

La Russie obtint peu de temps après, pour son pavillon, des immunités équivalentes à celles des Américains.

Enfin, à la suite des événements de la Chine, en 1858, les plénipotentiaires de la France et de l'Angleterre reçurent l'ordre de se rendre à Yédo, qui nous était encore absolument fermé, comme le restant du pays.

Le temps avait déjà marché, l'insuffisance de Simoda et de Hakodadi avait été reconnue ; c'était surtout au centre et dans le sud de l'empire où l'on récolte le thé et la soie qu'il importait au commerce de s'établir. D'ailleurs, il ne pouvait convenir à nos représentants de se borner à profiter de ce qui avait été fait par d'autres, et l'action de la France et de l'Angleterre, absente jusqu'ici, devait s'affirmer par un progrès nouveau, par un succès plus important que tous ceux déjà obtenus. Après plusieurs conférences, le baron Gros et lord les nations, le libre accès des ports de Kanagawa, Nagasaki, Nagata et Hiogo. Ces prétentions inattendues furent d'abord accueillies avec toutes les marques de la plus vive répugnance; mais convaincus de leur impuissance, les membres du gorodjio finirent par se rendre et accordèrent l'ouverture immédiate de Nagasaki et de Kanagawa. Ce dernier a été remplacé depuis peu par Yokohama, qui offre de meilleurs mouillages et où les Européens ont aujourd'hui leurs principaux établissements.

Quant à Nagata et à Hiogo, il avait été convenu qu'ils ne seraient livrés aux étrangers que le 1er janvier 1863. Leur ouverture, retardée d'année en année, vient enfin d'avoir lieu, et le traité de M. le baron Gros se trouve ainsi entièrement accompli. Dans toutes les parties du Japon, nous avons aujourd'hui des points ouverts où l'intelligence et le travail sont désormais sûrs de rencontrer la sécurité et la fortune.

C'est ainsi que dans ces dernières années, la nation japonaise a été peu à peu arrachée à ses préjugés et à son isolement. Les barrières qui la séparaient de nous ont disparu, et cette fois pour ne plus se relever. Réjouissons-nous-en, car c'est un membre de plus dans la grande famille des peuples, et vous le savez, messieurs, mieux que qui que ce soit, vous qui êtes la personnification la plus élevée du travail, plus il y a de bras à l'œuvre commune, plus il y a de produits, et plus il y a de produits, plus il y a de bien-être pour tous.

Après avoir esquissé à grands traits l'historique du Japon et vous avoir indiqué les événements récents qui l'ont rendu accessible à tous, j'essayerai, messieurs, de vous faire connaître avec la même rapidité sa constitution politique. Ici je me hâte d'en faire l'aveu, je vais me trouver en opposition avec la masse des voyageurs et des écrivains qui se sont occupés de ce pays; mais je n'avancerai rien qui ne soit l'expression d'une profonde conviction et le fruit d'attentives études faites sur les lieux pendant plusieurs années. Les faits, du reste, parleront d'eux-mêmes.

D'après une opinion généralement accréditée, l'autorité suprême serait entre les mains de deux souverains parallèles, l'un chargé du pouvoir spirituel, l'autre du domaine temporel. Le premier, nommé *mikado* et résidant à Kioto, se contenterait des honneurs presque divins qu'on lui rend, et laisserait au second, appelé *taïcoun* et demeurant à Yédo, le soin et la direction des affaires de l'État. Pendant longtemps cette version a eu toutes les apparences de la réalité. Les Hollandais l'ont répandue dans leurs récits et dans leurs livres; mais, vivant en prisonniers sur la presqu'île de Décima, d'où ils ne pouvaient sortir sous peine de mort, beaucoup plus marchands que lettrés, obligés d'aller à Yédo, périodiquement et dans le plus humble appareil, pour y payer un tribut au taïcoun, auquel appartenait Décima, on comprend qu'ils aient pu de bonne foi attribuer à ce dernier toute la puissance royale. On comprend de même que toutes les idées publiées par les Hollandais aient été facilement acceptées et se soient imposées à l'esprit public, puisqu'elles ne pouvaient être contrôlées et qu'ils étaient les seuls ayant des relations avec les Japonais. Il est vrai que les Américains, les Russes, les Anglais, les Français et ceux qui les ont suivis, en traitant directement avec le taïcoun, ont en quelque sorte donné une solennelle consécration à cette opinion. L'absence de tous renseignements autres que ceux dont je viens de parler, et la confiance qui était accordée à ceux-ci, suffisent pour ex-

quer cette erreur que j'ai entendu souvent regretter, et qui n'a pas été sans nous causer plus d'une fois de sérieux embarras.

Du reste, les événements se sont chargés de faire la lumière sur cette importante question, et aujourd'hui le doute n'est plus possible. Le gouvernement japonais est monarchique et aristocratique ; à la tête se trouve le mikado, que l'on prétend descendre des dieux : c'est le seul auquel tout le monde doive obéissance, le seul que la nation ait toujours reconnu. Il paraît que dès le XIe siècle, les mikados créèrent auprès d'eux une grande charge militaire, dont les titulaires furent appelés *siogouns* et plus tard *taïcouns*. C'était une espèce de connétable appelé à commander les armées en temps de guerre et aussi à maintenir les grands princes dans l'obéissance. Avec le temps et suivant les hommes, le but de l'institution put être quelquefois dépassé, et les siogouns, comme les maires du palais sous nos rois fainéants, absorbèrent et exercèrent l'autorité souveraine. Le célèbre Taïko-Fideyosi, que j'ai déjà cité et qui prit le pouvoir en 1590, fut un des plus puissants ; il tint le mikado dans un isolement absolu, tout en l'entourant de respects extérieurs ; il s'efforça de détruire la noblesse qui lui faisait ombrage ; il porta, de son propre mouvement, la guerre en Corée et se débarrassa ainsi des soldats qui l'inquiétaient. Tout porte à croire que si la mort n'était pas venu l'arrêter, les constitutions de l'empire auraient reçu d'importantes modifications, et que le taïcounat aurait fait disparaître à jamais toute puissance rivale.

Le successeur de Taïko fut Hiéas : moins entreprenant que son prédécesseur, mais tout aussi ambitieux et habile, il mit tous ses soins à affermir son autorité et à la rendre héréditaire dans sa famille. C'est dans ce but qu'il rédigea et parvint à faire sanctionner les célèbres lois de Gongensama, espèce de pacte politique entre lui et les grands vassaux, qui, sans porter atteinte à la majesté du mikado, détermine un ordre invariable de succession pour les fonctions taïcounales. Ce fut une espèce de compromis entre ce haut fonctionnaire et la noblesse, qui devait assurer la prépondérance de l'un et confirmer les priviléges de l'autre.

L'influence de ces deux hommes fut sans doute considérable ; mais elle leur est toute personnelle, et l'on n'en trouve plus d'exemple après eux. Dans les temps qui suivirent, avec des taïcouns moins ambitieux ou moins intelligents, les mikados recouvrèrent leur indépendance et leur antique suprématie.

De droit, comme de fait, sauf les exceptions que je viens de citer, le taïcoun reçoit et fait exécuter les ordres et les volontés du mikado ; il n'a ni initiative, ni action propre, et quand, récemment, il a paru oublier l'origine de son pouvoir, des protestations se sont élevées de tous les coins de l'empire contre ce qui était un empiétement sur des droits sacrés et vénérables.

Le sol tout entier est possédé par dix-huit grands feudataires ou daïmios, dont quelques-uns ont des revenus supérieurs à ceux de bien des princes européens. Dans l'étendue de leurs possessions, ils sont maîtres absolus ; chacun d'eux a son pavillon, sa marine, son armée, des institutions spéciales ; chacun administre et rend la justice comme il l'entend, sans aucun contrôle supérieur.

Le pouvoir central, représenté par le mikado, n'intervient que dans les affaires intéressant la religion, la sécurité et l'intégrité de l'empire ; c'est aussi le tribunal suprême devant lequel les daïmios portent leurs griefs ou leurs différends (dont la décision doit faire loi. Ces derniers lui payent des tr buts fort élevés pour entretenir la splendeur de sa cour, (toutes les fois qu'ils en sont requis, ils doivent fournir d troupes dont le taïcoun prend alors le commandement. L peuple, en tant que corps politique, n'existe pas au Japon il n'a ni droits, ni priviléges, ni représentation ; comme ch nous au temps de la féodalité, il appartient au chef des terr sur lesquelles il est né. Il semble d'ailleurs parfaitemen heureux de son sort et n'éprouver aucun besoin de libert plus étendue.

Tel était l'état des choses lorsque le commodore Perry ap parut dans la baie de Yédo en 1853. Les membres du gorodji dans les nombreuses conférences qui eurent lieu, évitèrent soigneusement de parler du mikado ; c'est le taïcoun qu'ils mirent toujours en avant, et c'est comme ses représentants qu'ils signèrent le traité américain. Les choses se passèrent de la même façon avec le comte Poukatine, le baron Gros et lord Elgin. Nous croyions avoir des traités engageant également les deux parties, nous n'en avions que l'ombre. Les membres du gorodjio, soit qu'ils voulussent se ménager la faculté de les fouler aux pieds quand les circonstances le commanderaient, soit par des calculs ambitieux pour leur chef, avaient sciemment omis de les faire ratifier par le souverain de Kioto, qui seul pouvait leur donner un caractère définitif.

Cependant, valables ou non, il est certain que c'est en vertu de ces actes que les portes du Japon nous furent ouvertes ; aussi éveillèrent-ils les susceptibilités des daïmios. L'admission des étrangers sur le sol de la patrie était un fait nouveau, un fait capital qui les touchait tous ; mais ce qui les irritait le plus, c'était de voir les souverains des plus grandes nations traiter avec le taïcoun d'égal à égal et lui donner ainsi une importance qu'ils ne pouvaient accepter. Une vive émotion s'empara du pays tout entier, et un instant on put croire qu'il allait se lever en masse pour nous chasser encore une fois. « Depuis des siècles, disaient des proclamations répandues de toutes parts, les Taïcouns, au mépris de leurs » devoirs, n'ont tenu aucun compte de la puissance ni de la » dignité du mikado, leur maître, et l'on ne peut plus atten- » dre d'eux ni équité ni bonne foi. Les choses en sont venues » à ce point que les puissances étrangères considèrent le » taïcoun comme le maître du Japon et traitent l'empereur » légitime comme un être sans force et sans influence. C'est » au premier que les barbares se sont adressés lorsqu'ils ont » voulu conclure des traités. Le mikado n'a pas même été » consulté, et son approbation, qui est indispensable pour in- » troduire des réformes dans la constitution, n'a pas été solli- » citée. » Ces proclamations se terminaient par un appel à la guerre sainte, et jetaient dans les populations une agitation qui permettait de tout craindre. La résolution et la fermeté déployées par les commandants en chef des forces européennes surent conjurer une catastrophe, mais elles ne purent empêcher les crimes isolés qui trop souvent vinrent attester l'exaspération des esprits. En janvier 1861, le secrétaire de la légation américaine est assassiné dans les rues de Yédo ; au mois de juillet suivant, la légation anglaise est attaquée par une bande de forcenés qui massacrent les soldats qui la gardaient ; en 1862, un riche Anglais, M. Richardson, que j'ai connu très-intimement, est assailli sur la route de

de son cheval et est littéralement mis en morceaux.

Le taïcoun, sommé de faire respecter les traités et de donner les réparations que comportaient d'aussi odieux attentats, ne fit que des réponses évasives, et en particulier pour le meurtre Richardson, il en rejeta toute la responsabilité sur le prince de Satsouma, et déclara qu'il n'avait aucun moyen d'en tirer vengeance ou de donner la satisfaction réclamée. Les Anglais le prirent au mot, et se rendirent avec toutes leurs forces dans la baie de Kagosima, devant la ville de ce nom, qui est la capitale des États de Satsouma. Après des pourparlers avec le prince, qui durèrent plusieurs jours sans aboutir, l'amiral Kupper ouvrit le feu contre la ville et les nombreux bâtiments qui se trouvaient mouillés dans ses eaux. L'action fut sérieuse de part et d'autre, et coûta malheureusement des pertes irréparables aux assiégeants : le capitaine et le second de la frégate *Euryalus* furent coupés en deux par un boulet, aux côtés mêmes de l'amiral. La marine britannique perdait en eux deux de ses plus vaillants officiers.

La ville fut brûlée et toutes les batteries détruites. Ces faits se passaient au mois d'août 1863; au mois de décembre suivant, des officiers de Satsouma se rendirent à Yokohama, firent des excuses au nom de leur maître au ministre anglais, M. le colonel Neale, et versèrent entre ses mains 25 000 livres qui avaient été exigées comme dédommagement pour la famille Richardson.

Cependant d'autres événements plus importants encore se passaient dans la province de Nagata, au sud de l'île de Nipon. La route la plus fréquentée par les navires qui se rendent de la Chine au Japon, est le détroit de Simonosaki, qui a pris son nom d'une grande ville située à son ouverture. Cette ville est la propriété du prince de Nagata, bien connu pour sa haine contre le taïcoun. Vers la fin du mois de juin, un navire marchand américain, de passage dans ces parages, fut attaqué et ne dut son salut qu'à sa marche supérieure et à la fuite; quelques jours après, chose beaucoup plus grave, un bâtiment de guerre français, le *Kiènchan*, qui se rendait à Yokohama, fut assailli par les batteries de terre et reçut de graves avaries. C'était un audacieux défi que le commandant en chef de notre division navale ne tarda pas à relever et à venger d'une façon éclatante. Dès que la nouvelle lui en parvint, il prit, avec tous ses bâtiments, le chemin de la mer intérieure, et le 19 juillet la flotte mouillait à l'entrée du détroit. Le 20, après quelques coups de canon pour déblayer la plage, un petit corps de débarquement est jeté à terre et s'empare successivement des nombreuses batteries qui bordaient le rivage. Les canons sont encloués et le feu mis aux poudres. Plusieurs ouvrages importants et une résidence princière sont détruits. La ville de Simonosaki elle-même aurait pu être facilement brûlée, mais par un sentiment d'humanité qui l'honore, M. l'amiral Jaurès voulut qu'on la respectât. Ce brillant coup de main accompli, notre division revint à Yokohama, et notre ministre s'empressa de le porter à la connaissance du taïcoun, en le sommant de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité de nos nationaux et de leur commerce. Mais encore ici son impuissance, pour n'être pas avouée, ne se manifesta pas moins d'une façon éclatante.

Plein d'orgueil et d'entêtement, le prince de Nagata se mit à l'œuvre; en quelques mois il avait relevé et réarmé ses forts; on disait même qu'il avait déclaré la guerre au taïcoun :

complétement fermé.

Une action combinée de toutes les puissances était devenue nécessaire; elle eut lieu en 1864, et ajouta une glorieuse page de plus à nos fastes maritimes. Une convention fut signée avec le daïmio de Nagata, et c'est seulement depuis lors que le détroit est libre, sans canons ni travaux de défense, et que tous les bâtiments de guerre ou de commerce peuvent se ravitailler à Simonosaki.

Le taïcoun partit pour Kioto, et, bien que le plus profond mystère ait entouré son entrevue avec le mikado, on sait qu'il y reçut un accueil des moins bienveillants, et que sa déchéance fut mise en question.

Enfin, au commencement de 1865, une déclaration faite à un des ministres européens par le gorodjio, en démasquant le piége qui nous avait été tendu, vint nous jeter dans une étrange perplexité. « Les traités, avaient écrit les membres » de ce conseil, n'étaient que des essais, et c'est si vrai, qu'ils » n'ont jamais été approuvés par le Mikado, sans lequel au» cun acte de cette importance ne peut être consenti par per» sonne. » — Cette déclaration tomba comme une bombe dans le camp diplomatique. Le voile était déchiré, nous avions été joués et tout pouvait être remis en question. Il importait de se presser pour rester le moins longtemps possible dans une situation mal définie, et que l'aveu du gorodjio rendait dangereuse, puisqu'il nous laissait désarmés et sans protection. Les représentants de toutes les puissances accréditées à Yédo s'entendirent à la hâte, car le danger était général, et d'un commun accord il fut décidé que toutes les forces maritimes dont ils pouvaient disposer se rendraient immédiatement à Osaka, port voisin de Kioto; les ministres devaient aussi s'y rendre en personne. Il s'agissait d'obliger le mikado lui-même à ratifier les traités existants ou à en faire de nouveaux, équivalents aux anciens.

Cette démonstration fut imposante par le nombre et la force des bâtiments; on en comptait plus de trente de tous rangs et de tous pavillons. Avec de tels arguments on est sûr d'avoir toujours raison en Orient. Le mikado céda; ce ne fut qu'à contre-cœur, et l'on assure que c'est les larmes aux yeux qu'il signa ce qu'il considérait, disait-il, comme la ruine de son pays. De bon gré ou de force nous obtînmes assez vite la satisfaction tant souhaitée et qui régularisait sans nouvelle contestation possible notre présence au Japon.

Pardonnez-moi, messieurs, de m'être arrêté aussi longuement sur ces détails; mais il m'importait de vous prouver ce que j'avais avancé, c'est-à-dire que le taïcoun ne possède aucun des attributs de la royauté; et quand on s'attaque à une erreur séculaire, on ne saurait apporter trop de faits à l'appui de la vérité que l'on veut faire prévaloir.

Comment se fait-il qu'après de tels enseignements, on ait tenté tout dernièrement encore de revenir aux anciens errements et d'élever le taïcoun sur les ruines du mikado? C'est là une question que plus d'une considération m'interdit de traiter ici; mais on peut affirmer que les difficultés que les délégués du prince de Satsouma ont rencontrées à l'Exposition universelle, et les honneurs royaux qui ont été rendus en Europe au frère du taïcoun actuel, ont eu un fâcheux retentissement au Japon. Les daïmios y ont vu la confirmation des tendances qu'ils reprochent depuis longtemps à ce dernier, et un accord avec les puissances étrangères pour préparer et appuyer une usurpation à un moment donné.

Aujourd'hui le taïcoun est prisonnier à Kioto, et s'il faut en croire les correspondances, les princes se seraient réunis autour du mikado et s'occuperaient de la réorganisation de l'empire. Que sortira-t-il de cette révolution? Certainement nous n'avons plus à craindre d'être jamais expulsés, mais nous avons réveillé l'esprit national qui semblait s'assoupir, et nous lui avons inspiré des défiances qui ne peuvent manquer de tourner contre nous et de gêner pour un temps notre essor dans le pays. En ne tenant pas compte des institutions et du tempérament de cette nation, nous nous sommes aliéné le souverain, la noblesse et le peuple : une grande habileté et surtout une grande prudence parviendront seules à faire disparaître cette regrettable impression.

Encouragé par votre bienveillance, j'aurais désiré, messieurs, vous parler de l'état de la société au Japon, de la constitution de la famille et de la propriété, des mœurs, de la justice, toutes choses neuves, et parmi lesquelles notre vieille civilisation pourrait peut-être trouver à prendre. Malheureusement le temps nous manque, et je crains déjà, dans cette improvisation si imparfaite, d'avoir fatigué votre attention. Je ferai en sorte d'y suppléer en réunissant, dès que mes occupations me le permettront, quelques notes sur ces différentes matières, qu'il me sera fort agréable d'offrir à votre Société.

S'il m'était permis d'émettre un vœu en terminant, messieurs, ce serait de vous voir entrer le plus promptement possible en affaires avec le Japon, et de faire ainsi profiter votre belle ville d'Amiens des innombrables ressources qu'il renferme. Notre commerce languit, notre industrie souffre, malgré l'habileté des ouvriers, l'instruction et l'intelligence des patrons. La cause de ce mal, c'est que nous n'avons pas les habitudes d'expansion qui sont toute la force de certaines autres nations. Dans les mers de la Chine et du Japon, la marine anglaise et la marine allemande monopolisent presque en entier le commerce; c'est à peine si notre pavillon y entre dans la proportion de 5 pour 100. Il dépend d'une grande cité comme la vôtre et de l'exemple qu'elle donnera pour effacer promptement cette humiliante infériorité. Le royaume du soleil est ouvert et libre pour toutes les activités, pour toutes les industries; ne permettons pas que ce riche pays devienne la proie exclusive de qui que ce soit. Vos intérêts vous y invitent, l'honneur de la France y est engagé. Le commerce, messieurs, est le premier élément de la civilisation; je n'en connais pas de plus puissant, surtout quand il est manié par des hommes de tête et de cœur. Si les fusils Chassepot font merveille, les balles de soie et de coton font des miracles. Or, ce ne sont pas seulement les plus belles soies du monde que le Japon vous offre, c'est de l'or, de l'argent, du cuivre, des charbons, du thé. En revanche, il appelle et recherche vos tissus, vos tapis, vos soieries, vos cotonnades, vos velours, qu'il préfère à tous ceux dont les Anglais inondent leurs marchés et qu'ils n'achètent que parce qu'il n'y en a pas d'autres. Voilà, messieurs, beaucoup plus qu'il n'en faut pour tenter les imaginations les plus calmes et provoquer les entreprises les plus hardies.

De grandes choses peuvent être faites au Japon, et je souhaite bien vivement qu'Amiens n'arrive pas la dernière.

F. LA VIEILLE.
Commissaire adjoint de la marine, à Cherbourg, membre honoraire de la Société industrielle d'Amiens.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

M. CLAUDE BERNARD
(de l'Académie française, de l'Académie des sciences et de la Société royale de Londres).

Les Prix de physiologie expérimentale (1).

L'INNERVATION DU CŒUR ; EXPÉRIENCES DE MM. E. ET M. CYON.

Chaque problème de physiologie expérimentale est en général si complexe, que ce serait une illusion ou une témérité de la part d'un auteur de vouloir à lui seul le résoudre et l'épuiser. Les questions ne s'éclairent ordinairement que par une série d'efforts collectifs, à mesure que nos moyens d'investigation se perfectionnent et que l'analyse expérimentale pénètre plus profondément dans le mécanisme des phénomènes. Ces remarques peuvent parfaitement être appliquées à la question difficile de l'innervation du cœur par la moelle épinière, qui a été déjà l'objet des recherches successives d'un grand nombre d'expérimentateurs éminents.

A la fin du siècle dernier, Haller considérait encore les mouvements du cœur comme étant indépendants de toute influence nerveuse. Il fondait son opinion sur la possibilité de la continuation de la circulation chez un animal privé de cerveau, et sur ce fait qu'un cœur arraché de la poitrine peut battre et se contracter.

C'est au commencement de ce siècle que Le Gallois trouva que l'influence de la moelle épinière est nécessaire à l'entretien des battements du cœur, et il démontra expérimentalement que la destruction totale ou seulement partielle de ce centre nerveux empêche la circulation du sang de continuer régulièrement, même avec l'aide de la respiration artificielle.

Plus tard, Magendie et un membre de votre commission firent pour la première fois usage d'un hémomètre ou cardiomètre, dans le but d'étudier et de rendre plus évidentes les modifications exercées sur les mouvements du cœur par l'excitation de la moelle épinière et des nerfs qui en naissent. Ces expériences établirent les deux résultats nouveaux suivants : 1° L'excitation des nerfs rachidiens sensibles amène une modification constante dans la pression du sang et une accélération des battements du cœur. 2° Cette action, qui est de nature réflexe, ne se transmet pas au cœur par les nerfs pneumogastriques, car elle se manifeste encore après la section de ces nerfs dans la région moyenne du cou.

En 1863, M. de Bezold institua des expériences destinées à éclairer le mode d'influence que la moelle épinière exerce sur le cœur. Cet auteur établit dans son travail deux faits importants. Il montra d'abord que la section de la moelle épinière entre l'occipital et l'atlas produit un abaissement très-considérable de la pression du sang dans les grosses artères, et qu'elle amène un ralentissement dans les battements du cœur. Il prouva ensuite que l'excitation de la moelle en arrière de la section rétablit la pression du sang et la fait monter même au-dessus de l'état normal, en même temps qu'elle produit une accélération dans les pulsations cardiaques. M. de Bezold crut avoir démontré, par ces dernières expériences, que la moelle épinière réagit *directement* sur les mouvements du cœur, et c'est en effet à cette conclusion qu'il s'arrêta. Mais bientôt MM. Ludwig et Thiry combattirent cette opinion, en interprétant tout autrement les faits, exacts d'ailleurs, constatés par M. de Bezold. MM. Ludwig et Thiry nièrent toute action nerveuse directe sur le cœur, en s'appuyant sur ce fait que l'excitation de la moelle épinière séparée du cerveau exerce toujours son influence sur la pression du sang, lors même qu'on a détruit, autant que possible, par la méthode galvano-caustique, tous les nerfs cardiaques qui relient le cœur à la

(1) Rapport d'une commission composée de MM. Longet, Milne Edwards, Ch. Robin, de Quatrefages, et Claude Bernard, rapporteur.

…le. Ils arrivèrent même à prouver qu'il n'est pas nécessaire …citer la moelle épinière pour obtenir les résultats précédem… …t signalés, car une simple compression de l'aorte, en res… …ant le champ de la circulation, peut déterminer une aug… …tation dans la pression manométrique du sang. Quant à …élération des battements du cœur, qui coïncidait avec l'ac… …sement des résistances de la circulation, nous verrons plus …qu'il faut la rattacher à l'action spéciale d'un nerf cardiaque …lérateur, dont alors le rôle n'était point encore déterminé. …i qu'il en soit, MM. Ludwig et Thiry reconnurent, comme …prédécesseurs, que l'excitation de la moelle épinière ap… …modifications dans les phénomènes circulatoires; mais, …d'admettre que cette influence s'exerce directement sur …ur, comme l'avait fait M. de Bezold, ils conclurent qu'elle …te au contraire primitivement sur le système circulatoire …rique, au moyen des nerfs vaso-moteurs ou vasculaires, …réagir ensuite que d'une manière indirecte ou secondaire …rgane central de la circulation.

…était l'état de la question sur l'innervation du cœur par la …le épinière, lorsque de nouvelles expériences, instituées par …Cyon et Ludwig, vinrent corroborer la conclusion qui pré… …et en développer les conséquences. Après avoir admis en …que l'excitation de la moelle épinière ne retentit pas immé… …ment sur le cœur, il restait à expliquer comment l'augmen… …on de pression sanguine qu'elle produit peut résulter d'une …on directe sur le système circulatoire périphérique. C'est ce …canisme que démontrèrent MM. Cyon et Ludwig, en faisant …ir que cette influence de la moelle épinière se transmet par …termédiaire des nerfs vasculaires, et surtout par les nerfs …o-moteurs splanchniques. De tous les nerfs vaso-moteurs du …rps, les nerfs splanchniques sont évidemment les plus impor… …nts et les plus capables de modifier la circulation générale, à …cause de la vascularisation énorme des organes splanchniques …auxquels ils se distribuent. MM. Cyon et Ludwig montrèrent, à …d'expériences précises, que lorsqu'on divise les nerfs …chniques, on obtient des effets semblables à ceux qui résul… …t de la section de la moelle entre l'occipital et l'atlas. Dans …deux cas, la pression manométrique du sang diminue rapide… …t et considérablement, par suite de la paralysie des nerfs …so-moteurs et de l'élargissement des vaisseaux périphériques …retiennent le sang dans les organes, et opèrent ainsi une dé… …tion du système vasculaire central. Si l'on excite alors les …s périphériques des nerfs splanchniques divisés, on voit tout …uite la pression manométrique du sang s'accroître et remonter …l'effet du resserrement des vaisseaux splanchniques, qui chas… …t le sang du ventre où il était accumulé, pour le reporter en …tité relativement plus grande dans le système cardiaque. …n, après la section des nerfs splanchniques, l'excitation de la …elle épinière séparée du cerveau ne produit plus, ou seule… …t d'une manière insignifiante, l'augmentation de la pression …sang, parce que l'influence nerveuse ne peut plus se propa… …aux vaisseaux pour déterminer leur contraction.

D'après tous les faits qui précèdent, il reste bien prouvé que …gmentation de la pression manométrique du sang ne saurait …le résultat d'une influence immédiate et directe de la moelle …l'organe central de la circulation; mais on aurait tort de …clure qu'il en est de même de l'accélération des battements …cœur, qu'on observe ordinairement d'une manière concomi… …te avec l'accroissement de la pression du sang. En effet, …Cyon a prouvé que ces deux ordres de phénomènes peuvent …e produits séparément, car il a montré qu'après la section des …rfs splanchniques, lorsque l'excitation de la moelle épinière ne …ermine plus l'augmentation de la pression sanguine, cette …me excitation fait encore apparaître l'accélération seule des …tements du cœur. En poursuivant l'explication de ce dernier …nomène, au moyen de l'analyse expérimentale, M. Cyon est …core parvenu à établir clairement que cette influence accélé… …atrice dépend d'une action immédiate de la moelle épinière sur …cœur, et il a démontré qu'elle a lieu par l'intermédiaire d'un nerf cardiaque accélérateur spécial, qui émerge de l'épine avec le troisième rameau du ganglion cervical inférieur.

L'influence directe de la moelle épinière sur le cœur, d'abord indiquée par Le Gallois, puis reconnue par M. de Bezold, existe donc réellement ; seulement il faut distinguer dans l'explication physiologique le fait de l'augmentation de la pression manométrique du sang de celui de l'accélération des battements du cœur. L'augmentation de la pression sanguine résulte évidemment d'une influence de la moelle épinière sur les nerfs vaso-moteurs, tandis que l'accélération des battements du cœur est au contraire l'effet de l'action *directe* de la moelle sur le cœur lui-même, par l'intermédiaire d'un nerf spécial cardiaque accélérateur.

Toutefois, si le nerf cardiaque accélérateur des battements du cœur, de même que les nerfs splanchniques et vaso-moteurs, peuvent être, ainsi qu'il a été dit plus haut, influencés par l'excitation mécanique de la moelle épinière, il arrive aussi que, dans l'état normal ou physiologique, ces nerfs sont mis en activité fonctionnelle d'une manière indirecte ou réflexe par des excitations émanées des nerfs de sensibilité. Nous avons déjà dit, en commençant, que l'irritation des nerfs de sensibilité de la surface du corps, c'est-à-dire l'irritation des racines rachidiennes, peut retentir sur la pression sanguine et sur les battements du cœur. Mais ces actions réflexes sont plus générales encore, et le point nouveau sur lequel nous voulons actuellement fixer l'attention, est qu'il se passe des mouvements dans le système circulatoire périphérique ou central qui sont le résultat de l'excitation de nerfs de sensibilité distribués à la surface interne du cœur. Depuis longtemps on savait que la surface interne des ventricules du cœur est douée de sensibilité ; un membre de votre commission avait observé qu'en touchant avec un thermomètre, par exemple, la face interne des ventricules chez les moutons, les battements du cœur manifestent aussitôt une grande accélération qui ne saurait être expliquée dans ce cas que par une réaction réflexe sur le nerf cardiaque accélérateur. Mais, outre cette influence réflexe accélératrice sur le cœur, M. Cyon a montré qu'il existe encore une action réflexe à la fois dilatatrice des vaisseaux périphériques et dépressive de la circulation cardiaque qui a également pour point de départ l'excitation des nerfs de sensibilité du cœur. Cette découverte importante se trouve exposée et développée dans un des mémoires sur l'innervation du cœur, présentés par M. Cyon au concours de physiologie expérimentale, intitulé : *De l'action réflexe d'un des nerfs sensibles du cœur sur les nerfs moteurs des vaisseaux sanguins* (1). Dans ce travail, sur lequel la commission a fait porter spécialement son examen et son jugement, il s'agit en réalité de la découverte d'un nouveau nerf sensitif du cœur chargé de fonctions restées jusqu'alors inconnues. Voyons d'abord la disposition anatomique de ce nerf.

Chez le lapin, sur lequel M. Cyon a particulièrement expérimenté, ce nerf prend ordinairement naissance par deux racines, dont l'une provient du tronc du pneumogastrique et l'autre du nerf laryngé supérieur. A partir de son origine dans la région supérieure du cou, le nerf sensitif cardiaque descend en longeant l'artère carotide, à côté du filet cervical du grand sympathique, qu'il accompagne sans jamais se réunir à lui. Une fois parvenu dans la poitrine, le nerf sensitif cardiaque s'anastomose avec des filets provenant du premier ganglion thoracique et se perd bientôt dans la substance du cœur, ou mieux dans le tissu cellulaire dense et serré qui est situé entre les origines de l'aorte et de l'artère pulmonaire. Pour expérimenter sur ce nerf, on le découvre sur l'animal vivant dans la région moyenne du cou, puis on

(1) MM. E. et M. Cyon ont communiqué à l'Académie (25 mars 1867) un résumé de leurs recherches sur l'innervation du cœur, exécutées soit à Berlin, dans le laboratoire de M. du Bois-Reymond, soit à Leipzig, avec le concours de M. le professeur Ludwig. C'est M. E. Cyon qui a présenté ses travaux au concours de physiologie expérimentale, et qui a mis les membres de la commission à même de vérifier ses expériences.

le divise afin d'agir sur les deux bouts successivement, en même temps qu'on applique un hémomètre à l'artère carotide pour observer les variations qui surviendront dans la pression du sang. L'excitation galvanique du bout périphérique ou inférieur de ce nerf ne produit aucune douleur, et reste absolument sans effet sur la pression manométrique du sang, tandis que l'excitation galvanique du bout nerveux supérieur ou central est au contraire douloureuse et amène dans le manomètre appliqué à l'artère carotide une dépression sanguine considérable de 5 à 6 centimètres. Cet abaissement immédiat de la pression du sang sous l'influence de l'irritation du bout central du nerf cardiaque sensitif est un résultat constant qui a été reproduit sous les yeux des membres de la commission; la dépression sanguine coïncide exactement avec l'irritation nerveuse et se relève aussitôt que celle-ci vient à cesser. Après avoir constaté cette influence réflexe remarquable du nerf cardiaque sensitif sur la pression du sang, il fallait encore expliquer son mécanisme; c'est à quoi M. Cyon s'est particulièrement attaché. D'abord, sur quels organes l'action réflexe venait-elle retentir? Était-ce sur le système musculaire général, sur le cœur ou sur les vaisseaux? Afin d'éliminer l'influence des mouvements généraux (qui d'ailleurs auraient augmenté la pression sanguine au lieu de la diminuer), on a paralysé les lapins avec le curare, qui détruit rapidement les propriétés des nerfs moteurs volontaires et laisse persister plus longtemps celles des nerfs vaso-moteurs et des nerfs de sensibilité. Sur des animaux ainsi préparés, l'excitation du bout central du nerf sensitif du cœur ne produisait plus aucune réaction sur les membres paralysés, tandis que cette excitation traduisait toujours au manomètre la même dépression sanguine considérable de 5 à 6 centimètres. Ce n'était pas sur le cœur non plus que se portait immédiatement l'action réflexe; car, après avoir détruit tous les nerfs qui se rendent à cet organe, l'irritation du bout central du nerf sensitif cardiaque amenait de même l'abaissement dans la pression sanguine. Ainsi on se trouvait conduit, par voie d'exclusion, à supposer que l'action réflexe devait se porter spécialement sur le système vasculaire périphérique; mais une induction ne suffisait pas, il fallait encore la démonstration directe, que M. Cyon a donnée en faisant voir que, quand on a préalablement opéré la section des nerfs vaso-moteurs splanchniques, l'irritation du bout central du nerf sensitif du cœur ne produit plus dans le manomètre la dépression sanguine qu'on observait auparavant.

En définitive, toute l'analyse expérimentale qui précède démontre que, dans l'expérience de M. Cyon, l'excitation du nerf sensitif du cœur réagit exclusivement sur les nerfs vaso-moteurs pour produire une déplétion du cœur, et, par suite, une diminution de la pression sanguine traduite par le manomètre. C'est pour bien exprimer ce fait constant de la dépression manométrique succédant à l'excitation du filet sensitif cardiaque, que M. Cyon a donné à ce nerf le nom de *nerf dépresseur* de la circulation.

Maintenant il ne reste plus qu'une explication à ajouter pour faire comprendre la nature tout à fait spéciale de cette action réflexe dépressive qu'exerce le nerf sensitif du cœur. Les physiologistes connaissent déjà des influences nerveuses *directes paralysantes* qui, au lieu de faire contracter les muscles, les paralysent et les mettent dans le relâchement. L'influence paralysante du nerf pneumogastrique sur le cœur est un des exemples les plus éclatants de cette action nerveuse singulière. Aujourd'hui, il faut admettre qu'il existe aussi des influences nerveuses *réflexes paralysantes*, et l'action réflexe du nerf sensitif du cœur est précisément de cette espèce. On constate, en effet, par l'observation directe, la paralysie et la dilatation des vaisseaux artériels périphériques au moment où la dépression sanguine a lieu sous l'influence de l'excitation du nerf sensible du cœur. Il n'est point possible de donner pour le moment l'explication de ces phénomènes nerveux paralyseurs, parce qu'ils sont encore entourés de beaucoup d'obscurités théoriques; mais ils n'en sont que plus dignes de toute l'attention des physiologistes, car ce sont toujours les faits inexpliqués qui recèlent les germes des vé[rités] scientifiques de l'avenir.

En résumé, l'étude de l'innervation du cœur par la mo[elle] épinière a été établie, dans ces derniers temps, sur des b[ases] toutes nouvelles, grâce à une série de recherches dont [nous] avons cru devoir donner un rapide aperçu dans ce Rapp[ort], parce qu'elles s'enchaînent toutes, et que les unes sont né[ces]saires à l'intelligence des autres. La découverte du nerf dép[res]seur de la circulation nous a révélé des faits de la plus haut[e im]portance, qui sont destinés à jeter une lumière vive et inatt[endue] sur le problème encore si ardu et si complexe de la physi[ologie] des nerfs du cœur. Nous avons vu que le cœur peut, à l'ai[de des] nerfs de sensibilité dont il est pourvu, régler en quelque [sorte] son amplitude suivant ses besoins, en agissant par action r[éflexe] sur la circulation générale, et nous pouvons comprendre m[ain]tenant comment s'établit ce balancement perpétuel qui doit [exis]ter entre la circulation centrale et la circulation périphériq[ue.] la sensibilité des parois du cœur est excitée par une répl[étion] sanguine trop forte, il en résulte une action réflexe éner[gique] qui dilate les vaisseaux capillaires et attire le sang à la pé[riphé]rie. Si, au contraire, la sensibilité interne du cœur est trop [fai]blement excitée, les vaisseaux périphériques se resserrent [et re]foulent le sang vers le centre circulatoire.

Toutes les découvertes de M. E. Cyon, ainsi qu'on a p[u le] voir, sont des conquêtes de la méthode délicate et difficile [des] vivisections. L'Académie ne saurait trop encourager cette di[rec]tion physiologique, qui seule nous permet de porter l'analyse [ex]périmentale dans les organismes complexes pour dissocier [les] phénomènes et saisir leurs mécanismes intimes. C'est pour[quoi] la Commission, à l'unanimité, a décerné à M. E. Cyon le pri[x de] physiologie expérimentale pour l'année 1867.

GÉNÉRATION ET DISSÉMINATION DES HELMINTHES;
RECHERCHES DE M. BAILLET.

Après avoir décerné le prix réglementaire au travail [dont] nous venons de rendre compte, votre Commission croit de[voir] demander à l'Académie un *second* prix de physiologie pour [cou]ronner une série de recherches sur la génération et la dis[sémi]nation des helminthes, dont les résultats sont résumés [dans] une publication de M. Baillet intitulée : *Histoire naturelle [des] helminthes des principaux mammifères domestiques.* Ce travail [dif]fère tout à fait de celui qui précède, et, comme son nom l['indi]que, c'est un ouvrage de zoologie bien plus que de physio[logie.] Cependant beaucoup de points de l'histoire de la propagati[on et] des migrations des helminthes appartiennent à la physiologie, [en] ce sens que cette histoire ne peut être comprise que par la [con]naissance des propriétés spéciales de tissu de ces êtres, et [par] la détermination expérimentale des conditions de milieux pa[rti]culières au sein desquels ces propriétés de tissu leur perme[ttent] de se développer. Pour demeurer dans l'esprit du concours, [la] Commission fera donc porter son jugement exclusivement sur [la] partie des recherches de M. Baillet qui sont relatives à l'embry[o]génie et au développement des helminthes.

Nous signalerons d'abord un ensemble d'expériences dans [les]quelles M. Baillet a étudié l'influence exercée par les mili[eux] ambiants sur le développement des œufs et des embryons [de] certaines espèces, en même temps qu'il a constaté la force [de] résistance si remarquable dont sont doués ces œufs et ces [em]bryons. En les exposant à des températures diverses, en les [en]tourant alternativement d'un liquide pur ou corrompu, M. B[ail]let a vu le fractionnement du vitellus s'arrêter, se retarder [ou] s'accélérer, le développement des embryons marcher d'une [ma]nière progressive ou se suspendre, et cela à diverses repris[es,] sans que les embryons paraissent en souffrir. Il a pu ainsi fai[re] durer jusqu'à onze mois le développement embryonnaire de qu[el]ques espèces d'ascarides qui, dans les conditions normales [et] selon la température, parcourent en dix jours ou un mois [au] plus cette première phase de leur existence.

...tres expériences, qui se rattachent aux précédentes, nous ...t les jeunes ascarides, une fois formés, demeurant sta... ...res pendant un temps pour ainsi dire indéfini, sous de ...nes conditions. M. Baillet a conservé pendant près de deux ... sous l'eau, ou dans de la terre humide, ou simplement sur ...lames de verre, des œufs de quatre espèces (*A. megaloce...la*, *A. mystax*, *A. suilla*, *A. marginata*), dans lesquels les ...ryons bien formés se sont agités jusqu'au dernier jour. ... ces expériences sont de nature à prouver que les œufs et ...mbryons d'helminthes sont doués d'une ténacité vitale qui ...met de résister à certaines influences funestes du milieu ..., et d'attendre dans un état de vie latente les conditions ... à leur développement. M. Baillet a insisté avec raison ... faits intéressants. Il a pu les étendre et les observer sur ...pèces nouvelles ; mais il avait déjà été précédé dans cette ...par M. Davaine et par M. Leuckart. Le premier de ces au... ...rait constaté la propriété que possèdent certains œufs ...minthes de se développer à sec ; et, relativement à la durée ...veloppement embryonnaire, il avait obtenu des résultats ... plus frappants, car il avait conservé dans l'eau, pendant ...ans, des œufs d'*ascarides lombricoïdes* contenant des em... ... pleins de vie.

...M. Baillet a fait encore des expériences dans le but d'éclairer ...ire du *Sclerostoma* et du *Strongylus filaria* du mouton. Il ...te de ses recherches que le strongle, tout en se multipliant ...place, se propage d'un individu à l'autre par voie de migra... ...des embryons. Pour pouvoir supporter les hasards de la ...te, ceux-ci sont doués d'une vitalité remarquable. Cette ré... ...ance vitale considérable des embryons des strongles, compa... ...aux vers adultes, avait déjà été remarquée, au siècle der... ...er, par Camper, sur le strongle du veau, et M. Davaine, qui ...pporte le fait, en a le premier tiré les conséquences qui sont ...elatives à la propagation et aux migrations de ces vers. Mais ...es expériences de M. Baillet sont également très-intéressantes, ... ce qu'elles ont montré que les embryons des strongles peu... ... aussi, quoique à un moindre degré que les jeunes asca... ...des, avoir la propriété de demeurer stationnaires dans leur ...veloppement, tant qu'ils n'ont pas trouvé le milieu pour le... ...ils sont faits.

...M. Baillet a encore exécuté de nombreuses expériences sur ...cestoïdes, entrant largement dans la voie ouverte par les ... savants dont l'Académie a couronné les travaux en 1853. ... en confirmant les faits généraux dont nous devons la con... ...ance à MM. de Siebold, van Beneden et Küchenmeister, ...Baillet a pu combler un certain nombre de lacunes, résoudre ...ieurs difficultés qu'avaient laissées dans la science les tra... ... de ses prédécesseurs, ou réfuter des erreurs qui tendaient ... propager, appuyées qu'elles étaient sur de grands noms; ... nous ne suivrons pas l'auteur dans l'examen de ces ques... ... du domaine de la zoologie plutôt que de la physiologie.

...En résumé, bien que l'ouvrage de M. Baillet ne renferme pas, ...proprement parler, de découvertes physiologiques, cependant ... un travail considérable qui a le mérite d'avoir confirmé et ...du des expériences qui sont de nature à enrichir la physio... ...ie générale. La commission, en couronnant le travail de ...Baillet, a eu pour but d'encourager les zoologistes à l'étude ...érimentale des tissus des animaux inférieurs, et, d'autre part, ...récompensant deux ordres de recherches exécutées dans une ...ction tout à fait différente, elle a voulu prouver qu'elle com... ...nd la science physiologique dans le sens le plus large, et ...elle accueille comme lui appartenant toutes les études qui ...courent à l'explication des phénomènes de la vie. Tel est l'en...ble des motifs qui ont déterminé la commission à demander ...second prix de physiologie pour M. Baillet.

LA DÉGLUTITION ; RECHERCHES DE M. MOURA.

La commission a encore fixé son attention sur un mémoire de ... Moura, intitulé : *L'acte de la déglutition, son mécanisme.*

L'acte de la déglutition présente un mécanisme assez complexe qui a eu le privilége d'exercer, depuis Hippocrate, la sagacité d'un grand nombre de physiologistes. M. Moura, ayant à son service l'expérimentation et l'observation laryngoscopique, a repris à son tour l'étude de ce problème physiologique, et il a eu le mérite d'ajouter des faits intéressants à ce sujet déjà tant de fois étudié par des expérimentateurs habiles.

De l'ensemble des recherches de M. Moura, il résulte :

1° Que la déglutition s'opère d'une manière différente chez l'homme et chez le chien.

2° Quant à la déglutition de l'homme, les trois temps admis dans l'acte de déglutition doivent être réduits à deux. Pour M. Moura, la déglutition ne commence réellement que lorsque les aliments disséminés sur la langue sont parvenus au bord libre de l'épiglotte; d'où il résulte que le passage des aliments à travers l'isthme du gosier est le phénomène ultime de la mastication, et n'appartient réellement pas à l'acte de la déglutition. Pendant ce passage, le tiers inférieur seulement de l'épiglotte ferme le larynx, tandis que ses deux tiers supérieurs restent relevés et concourent avec le pharynx à former un orifice et un conduit irrégulier dans lequel le bol est refoulé par la base de la langue.

3° Les boissons s'engagent dans la même voie que les aliments, et ne s'introduisent pas dans le pharynx en passant sur les côtés de l'épiglotte.

ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS.

M. BROCA.

La Fécondité des mariages et les doctrines de Malthus.

J'ai demandé la parole à l'occasion du procès-verbal, parce que ce que j'ai à dire fait suite à une discussion antérieure. Quelques-unes des opinions que j'ai émises l'année dernière, dans mon premier discours sur la population, ont donné lieu à des objections qui ont été présentées, soit à cette tribune, soit dans la presse médicale. Je me suis efforcé d'y répondre dans mon second discours, mais j'avais évité même de faire allusion à des attaques d'un autre ordre qui s'étaient produites dans une certaine catégorie de journaux non scientifiques. On avait dénaturé mes idées en tronquant mes paroles, en ajoutant des membres de phrases pris çà et là dans mon discours, en supprimant certains mots pour en altérer le sens, en me faisant citer Malthus, dont je n'avais nullement parlé. A ce procédé de discussions déloyales, je n'avais opposé que le silence du dédain; mais un jour la phrase apocryphe que l'on me prêtait s'est étalée entre guillemets dans la fameuse pétition au Sénat, qui vient de faire tant de bruit. Il y avait dans le passage incriminé une grosse erreur scientifique, qui, dans un document de ce genre, ne tirait pas à conséquence, mais qu'il est devenu nécessaire de réfuter depuis que l'éminent rapporteur du Sénat, trompé par l'assurance des pétitionnaires, l'a insérée dans son rapport sans la rectifier. Je me suis donc promis de revenir sur ce sujet. Mais je n'ai pas voulu le faire avant que la discussion du Sénat fût close. On aurait pu croire que je cherchais non à relater la vérité scientifique, mais à me justifier, ce qui eût été contraire à la dignité de l'Académie, non moins qu'à ma propre dignité.

Maintenant que la partie politique est vidée, et que les ouvriers souterrains sont rentrés dans leurs trous, la science reprend ses droits, et je vous demande la permission de les faire valoir.

Discutant devant vous les causes qui ont ralenti en France l'accroissement de la population, et cherchant si ce fait ne dépendait pas de la dégénérescence de la race, je vous ai dit, l'année dernière : « Non, messieurs, notre race n'a rien perdu de sa fécondité; le phénomène qui nous occupe est la conséquence naturelle d'une loi que les économistes ont proclamée, savoir, que, dans une population quelque peu serrée, tout ce qui tend à diminuer le nombre des prolétaires tend par lui-même à ralen-

tir la natalité. » (Séance du 26 mars 1867. Voyez notre tome IV, page 308, numéro du 13 avril 1867) (1).

Telle est la proposition que l'on a présentée d'abord dans les journaux obscurantistes, puis dans la pétition, et enfin dans le rapport, comme une proposition malthusienne. En l'énonçant ici, je n'avais pas cru devoir ajouter qu'elle était contraire à l'opinion de Malthus. C'est cette démonstration que je viens vous donner aujourd'hui.

Les premiers auteurs qui ont étudié les conditions de la vie des peuples n'ont pu méconnaître le lien étroit qui existe entre la population et les subsistances. Ce lien, déjà indiqué par Montesquieu, fut signalé surtout par les économistes de la fin du XVIII[e] siècle. On ne possédait pas alors de documents statistiques suffisants pour établir ce que l'on appelle aujourd'hui l'*équation des subsistances;* mais, à défaut de preuves rigoureuses, on connaissait du moins ce fait général, que la population tend à se mettre en équilibre avec les ressources alimentaires.

Malthus, dont le livre parut pour la première fois en 1798, se demanda quelle était la cause de ce rapport, et chercha à déterminer les conditions de l'accroissement de la population. Suivant lui, la population tendait à s'accroître en proportion géométrique, tandis que les subsistances ne pouvaient s'accroître qu'en proportion arithmétique, formule célèbre que personne, pas même son auteur, n'a pu prendre sans doute au pied de la lettre, et qui est connue de tout le monde sous le nom de *loi de Malthus*.

Malthus, après avoir énoncé sa loi, en étudia les conséquences. La natalité fournissant toujours, suivant lui, un excédant de population supérieur aux ressources d'un pays à un moment donné, il fallait bien que cet excédant disparût ; la mort moissonnait donc les êtres humains jusqu'à ce que l'équilibre fût rétabli, et, de la sorte, le rapport de la population aux subsistances ne changeait pas. C'était un grand mal que ce sacrifice continuel de ceux qui ne pouvaient trouver place « au banquet de la vie », et l'auteur n'y vit d'autre remède que la *contrainte morale*. Tout homme, d'après lui, devait s'imposer la loi de ne procréer qu'un nombre d'enfants proportionnel à ses ressources, et, de la sorte, les pauvres gens auraient dû, pour la plupart, se priver des joies de la paternité ; mais ce dur conseil ne s'appliquait ni aux riches ni aux gens simplement aisés qui peuvent assurer l'existence de leurs enfants.

C'est là la doctrine malthusienne. Mais Malthus n'était pas sans avoir aussi une théorie sur les subsistances. En bon Anglais, habitué à voir souvent tous ces paysages, toute la terre visible jusqu'à l'horizon, ne former qu'un seul domaine appartenant à un seul lord, il croyait que la grande propriété était une des premières conditions de la grande production, et que par conséquent la division du sol, l'augmentation du nombre des propriétaires devait inévitablement amener la diminution de la population. Mais, pendant que se succédaient les éditions de son livre, une expérience décisive, si contraire à sa théorie, se faisait en France. Il y avait une chose parfaitement évidente, c'est que depuis la révolution de 89, le nombre des propriétaires du sol français s'était immensément accru. La production, c'est-à-dire les subsistances avaient donc dû diminuer, et dès lors, si la théorie était vraie, la population avait dû décroître. Au lieu de cela, et en dépit des disettes, des révolutions politiques et des plus gigantesques guerres des temps modernes, la population de la France avait toujours été en augmentant. Il s'agissait d'expliquer ce résultat contradictoire et inattendu, et voici ce que nous trouvons dans la cinquième édition, publiée en 1817. L'auteur fait d'abord remarquer qu'il y a toujours eu en France un grand nombre de petits propriétaires, et que ce nombre s'est considérablement accru depuis la révolution, par suite de la vente des biens nationaux. Et il ajoute : « Quoiqu'un pareil état de choses ne soit nullement favorable à la production d'un excédant de subsistances dans une nation, quelquefois cependant il peut ne pas êt défavorable au revenu absolu ; et il a toujours *une grande te dance* à encourager le peuplement. » (Malthus, *An Essay on t Principle of population*, 5[e] édit. Lond., 1817, in-8°, vol. II, p. 12

Ainsi, d'après Malthus, l'augmentation du nombre des ménag aisés a une grande tendance à augmenter la population, et cet cause, qui résulte de l'accroissement de l'aisance, est assez pui sante pour contre-balancer, et au delà, l'influence contraire q résulte de la diminution du revenu général, consécutive à la div sion de la propriété.

Vous voyez, messieurs, que cette expérience de Malthus e précisément l'inverse de celle que les économistes modernes o fait découler d'une étude plus complète et d'une plus exacte appréciation des faits. Loin donc que la loi que je leur ai emprun tée soit une loi malthusienne, elle est au contraire en oppositio avec les théories de Malthus, et je pourrais dire qu'elle est antimalthusienne, si je jugeais opportun de me servir de ces épithètes dérivées d'un nom propre dont on a singulièrement abusé.

Malthus a écrit ce livre important, riche de faits scientifiques et fort remarquable pour l'époque. Dans ce livre, comme dans la plupart des autres, il y a d'excellentes choses, puis il y en a de médiocres, et aussi de mauvaises. Il n'y a personne, aujourd'hui (parmi ceux qui l'ont lu), qui ne loue les unes et ne rejette les autres, et qui ne soit ainsi à la fois malthusien et antimalthusien. Ces épithètes sont donc de mauvais aloi ; ce sont des moyens de polémique, et rien de plus. Il y a vingt ans, Proudhon, dans ses éloquentes sorties contre les malthusiens, désignait sous ce nom les capitalistes, ses adversaires. Aujourd'hui, de l'extrémité opposée de la série des doctrines, on décoche ce même mot, comme une injure, contre une tout autre catégorie d'adversaires ; mais Proudhon, du moins, savait ce qu'il voulait dire, tandis que ses imitateurs actuels parlent à tort et à travers de ce qu'ils ne connaissent pas.

(1) Nous avions négligé, il y a quinze jours (page 377), de rectifier la citation altérée par les pétitionnaires, parce que, même sous la forme qu'ils lui avaient donnée, elle ne prêtait dans aucune mesure aux inductions qu'ils en voulaient tirer.

BULLETIN DES COURS.

Muséum d'histoire naturelle.

CHIMIE APPLIQUÉE AUX CORPS ORGANIQUES (mardis, jeudis et samedis, à neuf heures du matin). — M. CHEVREUL (de l'Institut) a commencé ce cours le jeudi 28 mai, dans le grand amphithéâtre du Muséum. Il traite de la composition élémentaire des liquides et des solides des corps vivants, en prenant en considération l'histoire de leurs principes immédiats, histoire qui a été l'objet de l'enseignement des deux années précédentes. Il subordonnera les faits, autant que possible, à l'ordre chronologique des recherches scientifiques qui constituent la science actuelle.

Enseignement libre de la Sorbonne (rue Gerson).

M. REECH, directeur de l'École d'application du génie maritime, ouvrira le samedi 6 juin, à neuf heures du matin, un cours sur *les machines motrices et les effets mécaniques de la chaleur*. Il le continuera les mercredis et samedis suivants, à la même heure.

AVIS.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 27 6 JUIN 1868

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES DE BORDEAUX.

M. A. SERRÉ.

Phosphorescence et fluorescence.

Mesdames, Messieurs,

Arago, dans une de ses notices scientifiques, définit la phosphorescence : « La propriété que possèdent certains corps d'être lumineux dans l'obscurité, lorsqu'ils ont été placés dans certaines circonstances. » Dans des termes aussi généraux, l'étude de la phosphorescence comprend l'étude de toutes les sources de lumière; aussi devons-nous dès le début limiter notre sujet tout en précisant la définition.

Tout le monde sait que si l'on élève la température d'un corps, quel que soit son état et quel que soit le procédé employé, il arrive un moment où le corps devient lumineux, que son éclat va en augmentant avec la température : l'expérience apprend que ce n'est qu'à partir de 500 degrés environ que le corps commence à être visible dans l'obscurité. Le terme de phosphorescence n'est pas applicable à de pareils phénomènes, aussi les laisserons-nous complétement de côté. — Si je projette dans l'air cette poudre noire renfermée dans ce tube scellé à la lampe, elle devient lumineuse, de même ce gaz incolore contenu dans cette éprouvette s'enflamme en arrivant au contact de l'air. Ce ne sont pas là non plus des phénomènes de phosphorescence : la poudre noire, c'est du fer pur, réduit par l'hydrogène, qui se combine avec l'oxygène de l'air dès qu'il est en présence de ce gaz; le gaz, c'est du phosphure d'hydrogène qui se combine également avec l'oxygène de l'air. Ce sont donc là des phénomènes de combinaison, et toute combinaison donne lieu à une élévation de température. Ce qui caractérise et spécifie les exemples que je viens de citer, c'est que les corps qui ont subi ces phénomènes sont tellement modifiés, qu'ils ne peuvent plus donner lieu aux mêmes faits.

Nous appellerons donc phosphorescence, la propriété que possèdent certains corps de devenir lumineux dans l'obscurité dans certaines circonstances, pourvu que la température de ces corps n'atteigne pas 500 degrés, et pourvu aussi que le corps n'éprouve pas de changement durable qui l'empêche de reproduire le même phénomène si on le replace dans les mêmes circonstances.

Quels sont les corps qui présentent ce phénomène? quelles sont les causes qui le produisent et les circonstances qui l'accompagnent? enfin quelle explication peut-on en donner? Telles sont les différentes questions qui feront le sujet de cette conférence.

Des phénomènes de phosphorescence s'observent dans tous les règnes de la nature, le règne animal, le règne végétal et le règne minéral; il semble cependant que dans les deux premiers le phénomène n'est pas le même que celui que présente le règne minéral : aussi, tout en rappelant les principaux faits, j'insisterai davantage sur ce qui a rapport au règne minéral.

La phosphorescence se manifeste aussi bien chez les animaux vivants que dans les débris de ces mêmes animaux morts, et ce sont surtout les débris d'animaux marins qui nous en offrent des exemples; mais il n'y a probablement là qu'un phénomène de combustion lente : et la preuve, c'est qu'au bout d'un certain temps, la lueur disparaît pour ne plus se reproduire, qu'elle n'a lieu qu'en présence de l'oxygène ou de l'air, non dans l'acide carbonique, l'azote et l'hydrogène; qu'elle est détruite momentanément par une température trop basse ou trop élevée, ou encore par une dessiccation complète; enfin, lorsque le phénomène a disparu, les débris sont complétement différents de ce qu'ils étaient d'abord. C'est dans cette classe de phénomènes qu'il faut ranger les feux follets qui ont donné lieu à tant de fables, et dont nous avons vu tout à l'heure un exemple dans la combustion du phosphure d'hydrogène. On les observe en effet dans les lieux où sont accumulés des débris organiques d'animaux ou de végétaux; les débris animaux, riches en phosphates, sont décomposés par les matières organiques qui renferment de l'hydrogène, et donnent naissance à un dégagement de ce gaz qui vient brûler à l'air.

Parmi les animaux vivants qui présentent des phénomènes de phosphorescence, les animaux terrestres sont assez peu nombreux. Il faut citer le lampyre ou ver luisant. En l'examinant de près, on reconnaît que les trois derniers anneaux du corps de l'animal émettent une lueur jaunâtre que l'insecte peut à son gré éteindre ou faire briller; mais il est probable que c'est encore là un phénomène de combustion, et ce qui tend à le prouver, c'est l'abondance de trachées ou vaisseaux aériens qui existent dans les parties où la lueur se manifeste. Dans nos climats nous ne pouvons guère admirer que le ver luisant, et son éclat est loin d'être égal à celui de certains insectes de l'Amérique. A Cayenne, le fulgore (fig. 105) peut remplacer une lampe par la lumière vive dont resplendit sa monstrueuse tête : Sibylle de Mérian rapporte qu'à Surinam, elle lisait les journaux à l'aide d'un seul de ces hémiptères. A Cuba, au Mexique, on se sert d'un taupin lumineux, dont le corselet devient éblouissant au milieu des ténèbres, soit comme source de lumière, soit comme ornement que les

créoles disposent au milieu de leur chevelure ou de leur vêtement.

Tout le monde a admiré le splendide spectacle de la phosphorescence de la mer, qui pendant si longtemps a exercé la sagacité des savants. Attribué à des causes fort diverses, on sait aujourd'hui qu'il peut être produit de bien des manières. Tantôt il est dû aux détritus de mollusques morts qui sont disséminés dans la mer en quantités innombrables, ou à un liquide particulier sécrété par certains poissons ou mollusques; d'autres fois il tient à la présence de méduses qu'on voit briller dans la profondeur de l'eau. Mais le plus souvent le phénomène est dû à la présence de microzoaires d'une infinie petitesse dont l'éclat centuple le volume; sous l'influence de certaines circonstances météorologiques, ces animaux, qui peuplent les profondeurs des eaux, s'élèvent à la surface, à laquelle ils donnent l'aspect d'une mer de feu. D'après MM. Ehrenberg et de Quatrefages, la cause de l'émission de la lumière chez ces animaux serait la même que celle qui produit les décharges électriques chez la torpille et le gymnote : chaque lueur serait une étincelle analogue à celle de nos machines.

Un grand nombre de débris végétaux, des fragments de tiges ou de fruits, présentent le phénomène de la phosphorescence; le bois de chêne surtout pendant sa période de pou riture. Mais si l'on remarque que ce phénomène exige po se produire une certaine température, ni trop basse ni tr élevée, la présence d'une certaine quantité d'eau, qu'il n pas lieu dans tous les gaz, par exemple qu'il ne se produ pas dans l'acide carbonique, l'azote, l'hydrogène, tandis qu'il lieu dans l'oxygène et dans l'air, enfin qu'il disparaît au bo d'un certain temps, le bois n'ayant plus les mêmes pr priétés, on est porté à croire que ce n'est là qu'un phénomèn de combustion lente. Les végétaux vivants phosphorescen sont plus rares; on ne cite guère que quelques cryptogames, en particulier l'agaric de l'olivier, qu'on peut observer dans le midi de la France. Pour ces végétaux on est conduit à la même conclusion que précédemment, que c'est une véritable combustion; car le phénomène n'a pas lieu dans tous les gaz : il ne se produit pas dans l'acide carbonique ni dans l'azote, il exige la présence de l'oxygène et une température ni trop basse ni trop élevée.

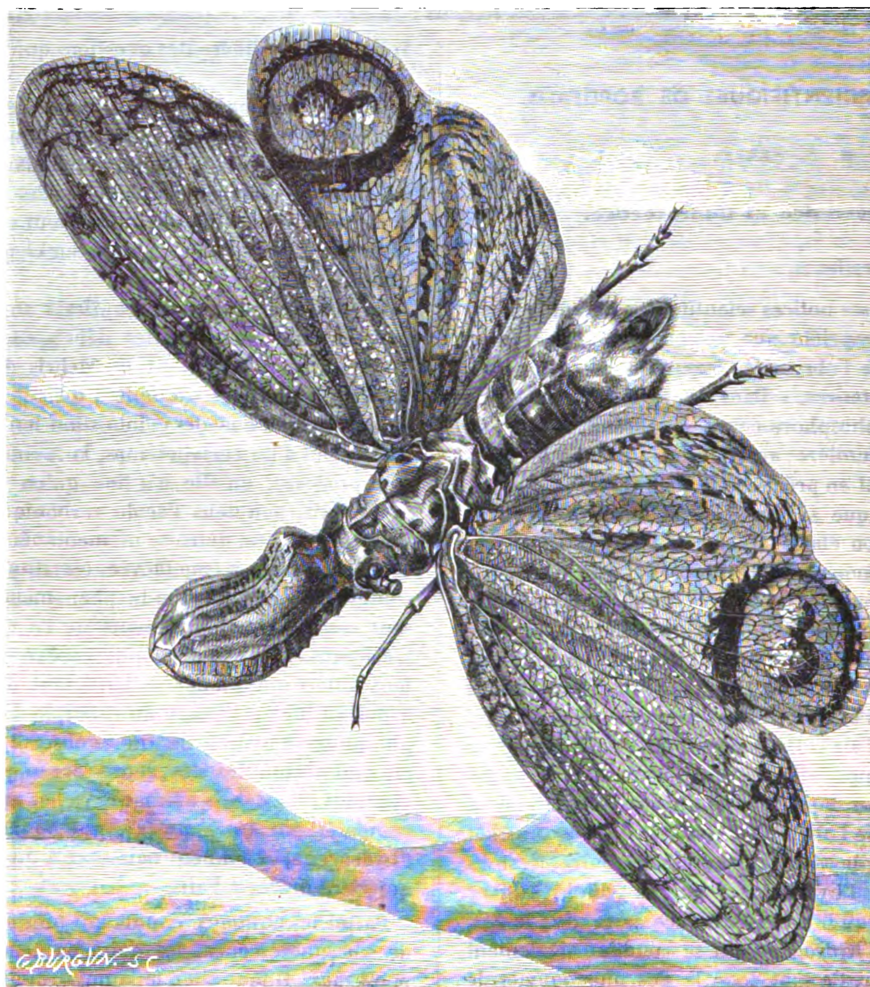


FIG. 105. — Le Fulgore porte-chandelle (*Fulgora laternaria*).

Les véritables substances phosphorescentes ou phosphores ne furent probablement pas connus des anciens; du moins l'existence de ces corps n'est nulle part affirmée d'une manière bien nette. C'est au commencement du XVII[e] siècle que fut trouvé par hasard le premier phosphore véritable. Vin-

que du sulfure de baryum. Cette découverte fit très-grand bruit, on écrivit beaucoup sur cette substance, sa préparation et ses propriétés. Tous les chimistes cherchèrent à préparer un corps jouissant d'une propriété aussi remarquable. Quelques essais furent heureux. Le nombre des phosphores étant plus considérable, on les étudia mieux et l'on reconnut entre eux des différences. Boyle, qui avait remarqué que le diamant devient phosphorescent par la chaleur; Homberg, qui avait découvert le phosphore qui porte son nom, classent les phosphores en deux grands groupes: 1° ceux qui luisent jour et nuit, sans qu'il soit besoin de les allumer, pourvu seulement qu'on ne les tienne pas dans un air trop froid; 2° ceux qui, pour paraître lumineux, ont seulement besoin d'être exposés au grand jour, sans qu'il soit nécessaire de se mettre en peine si l'air dans lequel on les expose est froid ou chaud.

Cette distinction, nous pouvons la conserver aujourd'hui. Dans le premier groupe seront placés les corps organisés dont nous avons parlé plus haut, et parmi les minéraux le phosphore proprement dit. En effet, ce corps luit bien dans l'obscurité, mais non dans tous les gaz; il n'est pas lumineux dans l'azote, et, même dans l'oxygène, il a besoin d'une température de 80 degrés ou le gaz doit être à une pression inférieure à celle de l'atmosphère. Placé dans un espace complétement privé d'oxygène, le phosphore ne devient pas lumineux, soit qu'on élève sa température, soit qu'on le mette dans des conditions qui rendent lumineux les corps phosphorescents, qu'on l'expose, par exemple, à la vive lumière du magnésium.

Le second groupe renferme les phosphores véritables, ceux sur lesquels je désire appeler particulièrement votre attention. Depuis le XVIIe siècle, époque où l'on a commencé à s'occuper des phosphores, le nombre s'en est considérablement *accru*; cependant certains corps, comme les métaux, *n'ont jamais* présenté de phénomène de phosphorescence. L'expérience a appris également que l'état sous lequel se trouve le corps a une grande influence: l'état solide est le plus convenable pour la manifestation du phénomène; aussi est-ce chez les solides qu'on le rencontre le plus souvent et à un plus haut degré d'intensité. Les liquides phosphorescents sont très-rares; les sels d'urane, phosphorescents à l'état solide, ne le sont plus lorsqu'ils sont en dissolution. L'état gazeux est encore plus défavorable; il n'y a que l'oxygène qui jouisse de la propriété d'être lumineux sous certaines influences: l'étincelle électrique par exemple, et encore son éclat est-il très-faible et de très-peu de durée.

Parmi les procédés employés pour produire la phosphorescence, les actions mécaniques donnent lieu aux effets les moins intenses, aussi nous contenterons-nous d'en citer quelques exemples. Certains corps frottés l'un contre l'autre deviennent lumineux dans l'obscurité: deux morceaux de quartz émettent une lumière rouge, deux diamants une lumière bleue, deux morceaux de porcelaine une lumière jaune. Un morceau de sucre qu'on brise paraît également lumineux. Si l'on fait fondre de l'acide borique, du chlorure de calcium, ces corps, en se refroidissant, se fendillent et chaque rupture donne lieu à une émission de lumière; l'acide arsénieux vitreux dissous dans l'acide chlorhydrique produit une lueur assez vive pour chaque cristal qui se dépose.

La seconde cause de la phosphorescence c'est la chaleur. Mais En général la lueur émise est très-faible; il faut, pour l'apercevoir, que les yeux aient été pendant un certain temps dans une obscurité complète, leur sensibilité est ainsi augmentée; il faut de plus qu'au moment de l'observation, l'œil ne soit pas soumis à la lumière émise par la source de la chaleur. Aussi Brewster, puis M. Becquerel, qui se sont beaucoup occupés de cette question, procédaient-ils de la manière suivante: Un canon de fusil était placé dans un fourneau à réverbère et exposé à une température plus ou moins élevée, suivant les besoins. Fermé à l'une de ses extrémités, il était muni de l'autre côté d'un disque qu'il traversait et qui permettait à l'observateur de voir dans l'intérieur, tout en ne pouvant apercevoir le fourneau: c'était dans ce canon qu'était placé le corps à étudier. La liste des substances phosphorescentes par l'action de la chaleur est très-considérable, mais leur éclat est peu intense; celle qui présente le phénomène d'une manière plus marquée est la fluorine ou spath fluor. Si l'on projette un des fragments de ce corps sur une plaque de tôle portée à une température au plus égale à celle du rouge sombre, on voit ces morceaux émettre une lumière pâle et diversement colorée, le plus souvent verdâtre.

La phosphorescence par la chaleur ne semble soumise à aucune règle précise; des échantillons différents d'une même substance, étant également chauffés, ne sont pas également lumineux: c'est ce qui a lieu pour le spath fluor. Les variétés vertes et violettes sont plus phosphorescentes que la variété incolore. La lumière émise diffère, quant à la couleur, non-seulement d'un échantillon à l'autre, mais aussi pour un même échantillon; à mesure que la température s'élève, la couleur varie, et pour une certaine température variable d'un corps à l'autre, toute phosphorescence disparaît. C'est là un fait général, que l'élévation de température détruit dans les corps la propriété d'être phosphorescents par la chaleur; d'où l'on peut tirer cette conclusion que le diamant, que la chaleur rend phosphorescent, n'est probablement pas d'origine ignée. La propriété d'être phosphorescents, perdue par une élévation de température, peut être restituée aux corps, soit par une insolation prolongée, soit par une série d'étincelles électriques. On avait cru trouver une relation entre la couleur du corps et la propriété d'être phosphorescent, pour le spath fluor par exemple; on a dû abandonner cette idée. En effet, l'élévation de température fait perdre en même temps et la couleur et la faculté d'être phosphorescent, et l'insolation ou les étincelles électriques qui rendent de nouveau le corps phosphorescent ne lui restituent pas la couleur qu'il a perdue; nous pouvons ajouter que certains échantillons incolores de spath fluor sont tout aussi phosphorescents que ceux qui sont colorés.

L'électricité, qui est une source de chaleur, comme le prouvent les expériences bien connues de l'inflammation de l'alcool, du pistolet de Volta, de l'incandescence d'un fil métallique traversé par un courant, doit être et est en effet une des causes de la phosphorescence. Mais ici, encore plus que pour la chaleur, l'observation est difficile à cause du vif éclat que présente l'étincelle électrique, éclat éblouissant qui ne permet pas de distinguer la pâle lueur de la phosphorescence qui succède à celle de l'électricité. Un des moyens qui facilitent l'observation consiste à diminuer l'éclat de l'étincelle électrique en la produisant dans un gaz raréfié. On prend des tubes renfermant chacun un sulfure (de baryum, de calciu

et de strontium, corps éminemment phosphorescents). Après l'introduction de ces sulfures dans les tubes, on y fait le vide en partie. Si l'on y fait passer alors le courant de la machine d'induction, ils deviennent très-lumineux, et ils continuent à émettre une lumière assez vive longtemps après l'interruption du courant. Il y a cependant une remarque à faire, c'est que lorsque le courant a cessé de passer, le tube nous présente une couleur bien différente de celle que nous observions tout d'abord : en effet, lors du passage du courant, la couleur que nous voyons provient à la fois, et du sulfure phosphorescent, et de l'étincelle électrique, et aussi du verre qui est également phosphorescent, mais dont la phosphorescence ne persiste que pendant un intervalle de temps très-court.

La cause principale de la phosphorescence est la lumière. Ici encore les observations sont difficiles à faire, à cause de l'influence de la lumière impressionnante, et à cause du peu de durée de la persistance de la phosphorescence. C'est pour ces deux raisons que le nombre des phosphores a pendant longtemps été très-limité ; mais depuis que M. Edm. Becquerel a imaginé et employé le phosphoroscope, le nombre des phosphores est devenu très-considérable, les conditions diverses de la phosphorescence ont été mieux étudiées et mieux connues. Ce sont les résultats trouvés par ce savant que je me propose de vous faire connaître ; mais je veux auparavant décrire le phosphoroscope, et vous en faire apprécier tous les avantages :

Sur un axe sont placés, perpendiculairement à cet axe, deux disques semblables à celui que représente la figure 106.

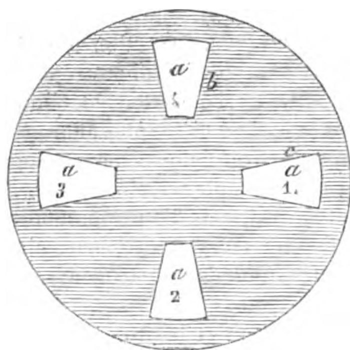


Fig. 106. — Disque du phosphoroscope de M. Edm. Becquerel.

Ces deux disques sont distants l'un de l'autre de 1 à 2 centimètres. Chacun d'eux porte quatre ouvertures de 22° 30′ placées symétriquement autour du centre, si bien que la distance d'une ouverture à la suivante, ou de *b* à *c*, correspond à 67° 30′. Les ouvertures des deux disques ne sont pas en regard l'une de l'autre, de telle sorte qu'un rayon lumineux arrivant parallèlement à l'axe, et pénétrant par l'ouverture *a* du disque antérieur, rencontre une partie pleine du disque postérieur. Les ouvertures du second disque correspondent juste au milieu de l'intervalle plein du premier, et la distance angulaire des bords extrêmes d'une ouverture du disque antérieur au bord le plus voisin de l'ouverture la plus proche du disque postérieur est de 22° 30′. Ces deux disques sont placés dans une chambre noire dont les deux faces parallèles aux disques sont munies de deux ouvertures qui se correspondent exactement et qui ont la même grandeur angulaire que les ouvertures a a_1 des disques mobiles ; c'est entre les deux disques mobiles, sur la ligne qui joint l[es] centres des ouvertures des parois fixes de la chambre noir[e] qu'on place le corps qu'on veut étudier. Enfin l'axe qui por[te] les deux disques peut être animé d'un mouvement de rot[a]tion plus ou moins rapide, à l'aide d'un système de rou[es] dentées convenablement disposées. Supposons maintena[nt] que l'appareil soit placé devant l'ouverture d'un volet par [où] peuvent pénétrer les rayons solaires, l'observateur étant de[r]rière l'appareil ; il est évident tout d'abord que la lumiè[re] qui pénètre directement dans la caisse ne pourra parvenir [à] l'observateur, il faudrait pour cela une vitesse de rotation [de] plus de 2 milliards de tours par seconde. Si donc on aperç[oit] de la lumière, elle ne pourra provenir que du corps impre[s]sionné par les rayons directs. Quel est l'intervalle de temp[s] qui sépare le moment où le corps en expérience cesse d[e] recevoir l'impression des rayons lumineux et celui où l'obser[-]vateur commence à le voir. Il est aisé de le déterminer. Si, par exemple, les disques font 100 tours par seconde, et c'est là une vitesse facile à obtenir, le corps sera soumis à l'impression lumineuse pendant $\frac{1}{1600}$ de seconde, et il s'écoulera $\frac{1}{1600}$ de seconde entre la fin d'une impression et le commen[-]cement de l'impression suivante. Enfin l'intervalle de temps qui séparera la fin de l'impression du commencemen[t] de l'observation est de $\frac{1}{1600}$ de seconde. Or il est des corps qui ne restent lumineux que pendant un temps très-court aprè[s] l'impression : le spath d'Islande ne conserve cette propriété que $\frac{1}{30}$ de seconde ; l'azotate d'urane, $\frac{1}{100}$; les platinocyanures de baryum ou de potassium, $\frac{1}{3000}$. Ce phosphoroscope nous permettra de reconnaître la phosphorescence de ces substances, quand bien même l'intensité de la lumière émise serait très-faible.

Si, avec cet appareil, on observe un corps qui ne paraît pas phosphorescent par les procédés ordinaires, on reconnaît que, placé dans le phosphoroscope, il ne devient lumineux que lorsque le nombre de tours par seconde est suffisamment grand ; qu'il devient de plus en plus lumineux à mesure que le nombre des tours augmente, jusqu'à une certaine limite, à partir de laquelle l'éclat reste le même, quelle que soit la vitesse de rotation. Il est évident, en effet, que la durée du passage d'une ouverture devant le corps lumineux ne suffit pas tout d'abord pour produire sur lui le maximum d'effet, il faut que les impressions se succèdent rapidement et soient, pour ainsi dire, continues. Il faut, de plus, que l'intervalle qui sépare l'impression de la perception soit suffisamment court. Enfin, à partir d'un certain moment, une augmentation de vitesse ne produit pas une augmentation d'éclat, parce que le corps reçoit de la part de la lumière autant qu'il perd pendant qu'il n'est plus soumis à son action ; et si le temps qui sépare le moment de l'insolation de l'instant de la vision devient de plus en plus court, le temps pendant lequel le corps est éclairé diminue aussi dans le même rapport.

Comme je le disais tout à l'heure, l'emploi du phosphoroscope a augmenté de beaucoup la liste des corps doués de la phosphorescence ; il y en a cependant encore qui en ont paru complétement dépourvus : ce sont les métaux, et, parmi les métalloïdes, le soufre et certaines variétés de carbone. Les corps les plus phosphorescents, ceux qu'on a particulièrement étudiés, sont les sulfures des métaux alcalins, de calcium, de strontium et de baryum. Ces composés artificiels peuvent être obtenus de bien des manières, mais toujours par la voie sèche, et la température à laquelle on opère doit être

convenable, ni trop basse, ni trop élevée ; il ne faut pas non plus que les corps restent trop longtemps soumis à cette température élevée ; enfin, dès qu'on les a obtenus, il faut prendre la précaution de les conserver à l'abri de toute humidité. Quant à la composition exacte de ces corps, il est fort difficile de la déterminer précisément, à cause du mode de préparation. Soumis à l'influence de la lumière, ces corps deviennent phosphorescents ; la lumière qu'ils émettent est quelquefois très-intense, et persiste, pour quelques-uns d'entre eux, pendant plusieurs heures. La couleur qu'ils possèdent, quand ils sont ainsi lumineux, variable pour chacun d'eux, avec la vitesse de rotation du phosphoroscope, ne dépend pas seulement de la nature du corps, mais aussi, pour ainsi dire, de sa disposition moléculaire, et même de la nature du corps qui a servi à le préparer : c'est ainsi que le sulfure de calcium, provenant du spath d'Islande, est lumineux jaune, tandis que celui qui provient de l'aragonite est lumineux vert ; de telle sorte qu'il est souvent difficile de dire quelles sont la nature et la composition d'un phosphore à l'inspection de la lumière émise ; cependant on peut indiquer qu'en général les sulfures de strontium sont verts ou bleus, ceux de baryum sont jaune orangé, quelquefois verts, ceux de calcium peuvent présenter toutes les teintes ; il est bon d'ajouter que la présence d'un peu de potassium favorise la production d'une teinte bleue.

Le phosphoroscope a permis d'étudier avec soin les diverses circonstances du phénomène, et quant à sa production, et quant aux résultats. Si l'on fait successivement arriver sur le corps soumis à l'expérience les diverses parties du spectre solaire, on reconnaît que ces diverses parties ne sont pas également actives, ne produisent pas la phosphorescence avec la même intensité, quelques-unes même sont sans effet : cela dépend d'ailleurs de la nature de la substance sur laquelle on opère. En général, les rayons les plus réfrangibles et même les rayons ultra-violets produisent le maximum d'effet ; les rayons les moins réfrangibles, les rayons rouges, non-seulement ne peuvent produire la phosphorescence, mais semblent même agir pour la détruire : si une substance impressionnée par la lumière solaire est ensuite portée dans un spectre assez peu étalé, la partie placée dans le rouge cessera bientôt d'être lumineuse, tandis que le corps conserve son éclat dans les autres parties du spectre. Nous avons donc deux espèces de rayons : les rayons actifs, ce sont les rayons les plus réfrangibles ; les rayons extincteurs, ce sont ceux qui sont moins réfrangibles. Cette propriété d'éteindre la phosphorescence que possèdent les rayons rouges semble due à ce fait, que ces mêmes rayons sont les plus échauffants, car toute élévation de température d'un phosphore favorise l'émission de lumière, augmente son éclat, mais diminue de beaucoup la durée du phénomène. Si, au lieu de faire tomber sur le corps qu'on essaye les différentes couleurs du spectre, on interposait sur le trajet des rayons solaires des écrans diversement colorés, on arriverait aux mêmes résultats. Ces faits nous permettent de comprendre comment il arrive que telle ou telle lumière produit très-bien la phosphorescence, tandis que telle autre est sans action sur les corps phosphorescents ; cela dépend de la nature des rayons émis par la source lumineuse. On est ainsi conduit à faire usage de tel ou tel mode d'éclairement au lieu de tel autre : la lumière du gaz, riche en rayons jaunes, ne rend lumineuses que des substances très-phosphorescentes ; au contraire, la lumière électrique et celle du magnésium, riches en rayons très-réfrangibles, peuvent remplacer la lumière solaire dans les expériences ; on peut même employer avec avantage la flamme du soufre brûlant dans l'oxygène, qui donne lieu à une lumière pâle, il est vrai, mais composée de rayons d'une grande réfrangibilité.

Si l'on cherche une relation entre la lumière impressionnante et la lumière émise par le phosphore, on arrive à ce résultat remarquable. En général, la lumière émise est moins réfrangible que la lumière incidente. On ne peut citer que de très-rares exceptions où la lumière émise est de même réfrangibilité que la lumière incidente : par exemple, le rubis impressionné par les rayons rouges du spectre émet de la lumière rouge ; jamais la lumière émise par le phosphore n'est plus réfrangible que la lumière qu'il reçoit. Tous ces faits ont été constatés en analysant la lumière du phosphore au moyen du spectroscope.

Essayons maintenant quelques-uns de ces phosphores que je vous citais tout à l'heure, et, pour cela, soumettons-les aux rayons émis par la lampe électrique. Nous reconnaissons d'abord que la persistance varie d'un corps à l'autre ; quelques-uns s'éteignent vite, d'autres restent lumineux pendant assez longtemps ; les couleurs émises varient de l'un à l'autre. On peut même disposer ces phosphores de manière à obtenir des dessins variés, qui ne paraîtront que dans l'obscurité, quand ils auront été soumis préalablement à la lumière ; en effet, la couleur qu'ils ont par phosphorescence diffère de leur couleur par réflexion. Enfin, si nous interposons entre la lumière électrique et ces phosphores un verre violet assez foncé, ils sont encore impressionnés après la disparition de la lumière électrique, leur couleur est la même que celle qu'ils avaient sans qu'on ait fait usage du verre violet ; et même, pendant qu'ils reçoivent les rayons violets, ils manifestent déjà la couleur propre due à la phosphorescence ; enfin toutes ces couleurs sont moins réfrangibles que la teinte violette : c'est du bleu, du vert, du jaune ou du rouge.

Comment expliquer ces phénomènes ? comment comprendre leur production ? Telle est la dernière partie du programme que je me suis tracé. Pour y parvenir, je vous rappellerai quelques faits bien simples et connus de tout le monde.

Les sons sont dus aux mouvements vibratoires des corps qui les produisent. Si l'on vient à frotter avec un archet une corde suffisamment longue et bien tendue, on entend immédiatement un son, et la corde nous paraît renflée vers le milieu (fig. 107) ; par suite du mouvement rapide dont elle est



FIG. 107. — Apparence d'une corde tendue qui vibre.

animée, nous croyons la voir dans les différentes positions qu'elle occupe successivement. Si l'on fait résonner, au moyen d'un archet, une cloche de verre inclinée, à l'intérieur de laquelle est suspendue une balle de sureau qui repose contre ses parois (fig. 108), cette balle de sureau est immédiatement repoussée, et cette répulsion se renouvelle dès que la balle, sous l'influence de la pesanteur, revient en contact avec les parois de la cloche. La balle subit ainsi une succession rapide de va-et-vient qui se prolongent aussi longtemps que le son lui-même. Mais pour qu'un corps rende un son, il ne suffit pas qu'il vibre, il faut encore qu'il exécute un cer-

tain nombre de vibrations par seconde. Si le nombre des vibrations est trop faible, nous ne percevons plus la sensation du son. Il en est de même lorsque ce nombre de vibrations est trop considérable.



FIG. 108. — Vibrations d'une cloche de verre résonnant, manifestées par les mouvements d'un pendule à balle de sureau.

Ces vibrations sont communiquées du corps sonore au milieu ambiant : c'est ainsi que l'air nous transmet les sons, en apportant pour ainsi dire ce mouvement oscillatoire jusqu'à notre oreille. L'expérience apprend en effet que nous n'entendons point un corps sonore placé dans le vide. Ce mouvement, l'air peut le transmettre à d'autres corps, les ébranler et leur faire produire un son, pourvu que ces corps se trouvent placés dans des conditions convenables. La plupart de nos instruments à cordes sont munis de caisses sonores ; lorsqu'on fait vibrer les cordes, le mouvement se communique à l'air renfermé dans la caisse, et le son se trouve ainsi beaucoup augmenté. Qu'on place l'une devant l'autre deux caisses sonores surmontées chacune d'un diapason, qu'on fasse vibrer l'un de ces diapasons, immédiatement la caisse de l'autre se met à résonner ; ce que l'on constate en arrêtant avec la main les vibrations du premier diapason et de sa caisse, on continue à percevoir un son.

Nous avons donc ainsi des vibrations primaires donnant lieu à des vibrations secondaires qui, à leur tour, peuvent donner naissance à d'autres mouvements vibratoires. Les mouvements secondaires ne sont pas toujours exactement les mêmes que les mouvements excitateurs, de sorte que le son ainsi engendré n'est pas toujours à l'unisson du son primitif ; néanmoins il faut toujours que ces sons, ou plutôt les nombres de vibrations correspondantes, soient dans un rapport simple, ce qui peut nous expliquer que tel corps se met à vibrer sous l'influence de tel son et non sous l'influence de tel autre.

La lumière est due aussi à un mouvement vibratoire, seulement le nombre des vibrations exécutées par seconde se compte par trillions et non plus par centaines, comme celles qui produisent les sons. A des nombres de vibrations différents correspondent des couleurs différentes, de même que la hauteur du son dépend du plus ou moins grand nombre d'oscillations du corps sonore ; le rouge correspond à un moins grand nombre de vibrations que le violet. Enfin, de même que l'oreille ne perçoit pas de son pour tout nombre de vibrations d'un corps sonore, de même aussi l'œil, pour être impressionné, a besoin de recevoir un nombre convenable de ces vibrations lumineuses. Avant le rouge du spectre, nous ne voyons rien, parce que le nombre des vibrations est trop faible ; au delà du violet, nous ne voyons rien non plus, parce que le nombre des vibrations est trop considérable. Ces vibrations lumineuses nous sont transmises par un fluide particulier, l'éther, dont on admet l'existence dans l'intérieur de tous les corps et qu'on suppose répandu partout. Que cet éther en mouvement rencontre un corps susceptible de vibrer, sinon à l'unisson du mouvement dont il est animé, du moins de manière à rendre un harmonique, ce corps va se mettre à vibrer, devenir lumineux, et nous envoyer, soit la même couleur, soit une couleur harmonique, pour continuer la comparaison de la lumière et du son. Cette vibration secondaire pourra persister quand la cause première aura disparu ; c'est là le cas des corps phosphorescents à persistance plus ou moins longue : ils demeurent lumineux après avoir été soustraits à la lumière impressionnante. Les phosphores sont donc pour nous des corps que les vibrations lumineuses font vibrer, et qui transmettent à l'organe de la vue des vibrations propres. La comparaison peut être poussée plus loin. De même qu'un corps répondra à telle ou telle excitation sonore suivant les circonstances, et produira des sons différents, de même aussi un phosphore pourra émettre des couleurs différentes suivant les circonstances. Le sulfure de strontium, par exemple, soumis à la lumière blanche, qui est la réunion de toutes les couleurs, émet une lumière indigo à — 20°, il est bleu à 0° ; à 50° il est vert et jaune, et à 150° orangé.

La vibration secondaire peut ne persister que pendant l'influence de la vibration primaire ; il est alors bien plus difficile d'en reconnaître l'existence, d'autant plus que l'intensité de la lumière émise est très-faible relativement à la lumière impressionnante ; cependant on est parvenu à l'observer. Un des moyens employés est de faire usage d'une lumière particulière, soit d'une portion du spectre, soit de la lumière blanche ayant traversé un écran coloré, un verre violet, par exemple. La phosphorescence est alors d'autant plus facile à distinguer, que la lumière émise est, dans presque tous les cas, moins réfrangible que la lumière incidente ; c'est ce que vont prouver les expériences suivantes. La lampe électrique, munie d'un verre violet, nous envoie un faisceau lumineux où nous placerons les substances à essayer. Le verre d'urane nous y apparaît avec une couleur jaune verte ; la dissolution alcoolique de chlorophylle, qui est verte, a ici une belle couleur rouge. Dans cette éprouvette remplie d'eau pure, nous projetons quelques morceaux d'écorce de marronnier ; l'esculine qui s'y trouve se dissout dans l'eau, et nous la voyons gagner le fond du vase sous forme de traînées d'un beau bleu. Sur ce papier ont été écrits quelques mots avec du platinocyanure de baryum ; placés dans le faisceau lumineux, nous les voyons paraître avec une belle teinte jaune. Ici on a tracé un dessin avec du sulfate de quinine dissous dans l'acide tartrique ; on ne le distingue pas dans la lumière blanche, et il devient bleu quand il est éclairé avec des rayons violets. Si, au lieu d'employer un écran coloré, nous projetons le spectre et nous plaçons ces mêmes corps dans la partie violette, nous revoyons les mêmes phénomènes que précédemment. Éloignons-les un peu au delà du violet, dans cette partie où il ne semble plus y avoir de lumière, et ces corps nous apparaîtront encore avec les mêmes teintes ; ils sont donc encore im-

pressionnés. Nous avons là la preuve de l'existence de ces vibrations insensibles à l'œil.

Ces phénomènes, observés par Herschel, ont été étudiés par M. Stokes. Ses observations ayant porté particulièrement sur le spath fluor, il avait appelé *fluorescence* cette propriété particulière que possèdent certains corps d'émettre une lumière différente de celle qu'ils reçoivent. D'après ce que nous venons de dire, on voit aisément que la fluorescence n'est qu'un cas particulier de la phosphorescence, et que les corps fluorescents ne sont que des corps phosphorescents à persistance très-courte. M. Becquerel a d'ailleurs reconnu que plusieurs de ces substances fluorescentes étaient lumineuses dans le phosphoroscope animé d'un mouvement très-rapide. Cette fluorescence ou phosphorescence à persistance très-courte peut aussi être produite au moyen de l'électricité : on fabrique des tubes de Geissler dans lesquels on introduit des corps fluorescents solides, comme le verre d'urane, ou liquides, comme une solution de sulfate de quinine, de la teinture de curcuma, et si on les fait traverser par la décharge de la bobine de Ruhmkorff, on obtient des effets magnifiques.

On peut tirer une conclusion très-importante de l'étude que nous venons de faire. L'identité des phénomènes de phosphorescence obtenus par les actions mécaniques, la chaleur, l'électricité, la lumière, nous conduit forcément à admettre une cause unique ; c'est donc aussi à une cause unique que doivent se rapporter les phénomènes de chaleur, de lumière et d'électricité : donc unité des forces physiques. Et cette cause, quelle est-elle? L'explication que j'ai essayé de vous donner tout à l'heure nous apprend qu'il n'y en a qu'une, et que c'est le mouvement. Nous dirons donc, en terminant, le mouvement est la cause unique de tous les phénomènes physiques, et ce sont ses diverses manières d'être qui déterminent les phénomènes de chaleur, de lumière et d'électricité.

A. SERRÉ.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

II

Distinction des règnes de la nature. — Règne humain.

Messieurs,

Je vous ai, dans ma première leçon, indiqué le programme de mon enseignement et la méthode que je compte suivre. Je vais aborder aujourd'hui le sujet de nos entretiens, qui sont, vous le savez, l'étude naturelle de l'homme.

Tout d'abord se présente une première question. Le botaniste ou le zoologiste, en présence d'un être nouveau, d'une plante ou d'un animal, commencent par se demander : Quelle est cette plante, quel est cet animal? c'est-à-dire, de quels êtres les caractères qu'il présente veulent qu'on le rapproche ou qu'on le distingue. Souvent l'incertitude du naturaliste est très-réelle et très-grande. Vous savez qu'à propos de plusieurs êtres ambigus, s'est élevée la question de savoir si c'étaient des plantes ou des animaux.

A la manière du botaniste et du zoologiste, l'anthropologiste commence par se demander : Qu'est-ce que l'homme? Ainsi posée, la question a reçu des réponses aussi nombreuses que variées, suivant la face sous laquelle on l'envisageait. Pour nous, elle peut se remplacer par la suivante : Quelle place appartient à l'homme dans le tableau général des êtres ; et d'abord à quelle grande division primordiale appartient-il? — Pour répondre à cette dernière question, il faut s'être fait à l'avance une idée nette de la valeur des termes employés dans la classification naturelle, et avoir vu ce qui distingue les uns des autres les empires et les règnes.

Depuis Aristote, qui ne faisait que traduire une notion générale, tout le monde admet qu'il existe, d'un côté des corps bruts, de l'autre des corps organisés. Nous ferons comme tout le monde ; et de plus, avec Pallas et Geoffroy Saint-Hilaire, nous appellerons *empire inorganique* et *empire organique* ces deux groupes primordiaux, dont la distinction n'a été attaquée par aucun naturaliste.

Ces empires se divisent en *règnes*. Mais il ne suffit pas d'affirmer une division ; il faut dire quels faits la motivent, et quelle est la valeur propre des groupes qu'elle introduit. Nous avons donc à rechercher sur quels faits repose la distinction des règnes dans chaque empire, puis en quoi ces règnes diffèrent entre eux. Ici un examen sérieux est nécessaire, aussi bien pour la question actuelle que pour ses applications futures.

Rappelons brièvement d'abord les caractères qui distinguent les corps bruts des corps organisés. C'est, avant tout, une absence complète d'activité propre ; car le naturaliste ne peut admettre avec certains philosophes que la matière ait en elle je ne sais quelle force intrinsèque, dont il n'a jamais pu surprendre l'existence par des phénomènes qui en rendent l'hypothèse nécessaire. De plus, placés dans les conditions où ils ont pris naissance, les corps bruts ont une durée indéfinie ; leurs dimensions sont illimitées en tous sens ; ils n'ont pas d'individualité, car il est impossible de donner le nom d'individus aux molécules chimiques dont l'agrégation compose la masse d'un corps brut. Les caractères contraires distinguent les êtres organisés. De ces différences si tranchées résultent les deux groupes que nous avons appelés empire organique et empire inorganique.

Avec de Candolle, Geoffroy, et plusieurs naturalistes et philosophes, nous distinguerons dans l'empire inorganique les corps cosmiques d'un côté, de l'autre les corps qui sont les matériaux du globe. Plus l'astronomie développe le champ de ses découvertes, plus l'ensemble de l'univers nous apparaît comme un tout dont les corps cosmiques répandus dans l'espace ne sont en réalité que les molécules. Or, des rapports multiples existent entre les diverses parties de ce tout ; et l'on sait que ces rapports dérivent d'un fait fondamental unique, qui est le suivant : Les corps célestes s'attirent en raison directe de leur masse, et en raison inverse du carré de la distance. De ce fait résulte un phénomène, le *mouvement*. Remarquons qu'il ne s'agit point ici d'hypothèses. Les deux lois que je viens de rappeler sont si mathématiquement exactes, que leur application suffit pour rendre compte de toutes les perturbations des mouvements des corps cosmiques,

(1) Voyez notre numéro 23, page 366, 9 mai 1868.

lors même que l'observateur pourrait être tenté de voir là d'abord une contradiction de ces lois mêmes.

Quant à la cause première de cet immense et perpétuel phénomène que nous appelons le mouvement des corps célestes, vous savez qu'on lui a donné le nom d'*attraction*, et qu'on en a fait une *force*. Mais tout en acceptant cette dénomination, ne nous payons pas de mots ; et disons-nous bien que ces termes d'attraction et de force n'expliquent absolument rien. Il faut y voir un moyen d'abréger dans le langage cette incommode périphrase « la cause unique, mais inconnue des phénomènes célestes ». La cause unique, disons-nous; en effet, ces phénomènes généraux sont tous de même nature, puisque les corps cosmiques se meuvent tous suivant des courbes du même degré. On en a conclu que l'intervention d'une seule force pouvait rendre compte de manifestations toujours les mêmes. Du moment que les lois de l'attraction suffisent pour les expliquer, il est rationnel de dire qu'il existe un règne sidéral caractérisé par cette seule force.

Quittons maintenant les espaces célestes, et descendons sur la terre. Nous voyons à sa surface une foule de corps bruts qui présentent tous des phénomènes de mouvement régis par les lois précédemment indiquées. Ils sont donc soumis à la force que nous avons appelée attraction, lorsqu'il s'est agi des corps cosmiques, et que l'on a désignée par le mot de *pesanteur* dans cette sphère d'action plus restreinte. Ainsi, parties du tout, les matériaux de notre globe subissent la force qui régit le tout.

Mais, de plus, — et je touche ici à ce qui légitime pleinement la distinction d'un second règne dans l'empire inorganique, — ces corps bruts qui sont à la surface du globe présentent incessamment des phénomènes physico-chimiques très-variés. Pendant longtemps, l'observateur, frappé des différences que présentaient ces phénomènes, les a attribués à des forces différentes et distinctes. Nous avons eu ainsi des phénomènes lumineux, électriques, magnétiques, calorifiques, reconnaissant pour cause la lumière, l'électricité, le magnétisme ou la chaleur.

Cependant des phénomènes intermédiaires et vraiment de passage ont été surpris entre ces groupes d'abord en apparence si bien séparés. Alors on s'est demandé si les forces multiples dont on avait supposé l'intervention ne seraient pas les manifestations d'une seule cause. Aujourd'hui la question est nettement résolue par l'affirmation. Comment en pourrait-il être autrement depuis qu'on a réussi à transformer les uns dans les autres les phénomènes d'ordres jugés différents, et à les faire naître à la fois dans un seul et même acte, tel que la chute d'un rayon de lumière sur un instrument propre à trahir des phénomènes chimiques, lumineux et électriques; depuis enfin que l'on a traduit le mouvement en équivalents calorifiques ? La force physico-chimique a donc remplacé pour le chimiste et le physicien d'aujourd'hui les forces multiples imaginées par leurs devanciers. Peu importe d'ailleurs toutes les hypothèses que l'on pourra faire sur la nature de cette cause. Quelle qu'elle soit, nous savons que grâce à elle, le monde a pris ses reliefs actuels, et qu'il produit à chaque instant cette multitude de phénomènes propres à la nature inorganique, qui motivent l'établissement d'un second règne, le *règne minéral*.

D'une manière absolue, le règne minéral sera donc caractérisé par la force physico-chimique unie à la pesanteur. Car, ne l'oublions pas, celle-ci existe toujours, bien qu'elle soit parfois modifiée et même vaincue par la première. Je n'ai pas besoin de vous rappeler que si, par l'approche d'un corps électrisé, le fil du pendule électrique dévie de la verticale, la pesanteur n'en agit pas moins pour cela sur la balle de sureau. Mais elle est en lutte avec la force physico-chimique, et la direction du fil est la résultante des actions des deux forces.

A côté, ou plutôt au-dessus des corps bruts, nous trouvons d'autres êtres très-différents entre eux, mais présentant un ensemble de caractères qui les séparent entièrement des précédents. Ils ont une activité propre, c'est-à-dire que, sans l'intervention d'aucune force extérieure, ils peuvent produire des phénomènes très-variés..... Ils ont tous un commencement et une fin. Tous sont très-petits au moment de leur apparition et très-différents de ce qu'ils seront plus tard ; ils subissent tous des métamorphoses. Siége d'un mouvement physiologique incessant, leur substance éprouve des pertes continuelles réparées au fur à mesure par la nutrition. Tous sont composés de parties solidaires qui concourent à un double but : l'entretien de l'individu dans le présent, et son entretien dans l'avenir, d'où résulte la conservation de l'espèce. Ce concours fait de chacun de ces êtres un *individu*, et nous met ainsi en présence d'un des faits les plus remarquables qui se puissent signaler en eux, l'*individualité*.

Des phénomènes aussi nouveaux supposent évidemment une cause ou force nouvelle. Cette force, nous la nommons la *vie*. Remarquez-le bien, messieurs, pas plus ici que lorsqu'il s'est agi de la force physico-chimique ou de l'attraction, nommer ne saurait être définir. En donnant un nom à la *cause inconnue* de certains phénomènes, nous ne prétendons pas la faire connaître. Ici encore toute explication nous échappe ; et nous avouons d'autant plus librement notre ignorance, que si l'on venait nous reprocher, à nous autres vitalistes, d'introduire les mystères dans la science, nous demanderions sur-le-champ qu'on voulût bien nous définir dans leur essence la force attractive et la force physico-chimique, qui sont aussi les caractéristiques de deux règnes. Non, la vie n'est pour nous ni l'*archée* de van Helmont, ni le principe vital de Barthez ; c'est uniquement la force inconnue qui détermine des phénomènes spéciaux chez les êtres organisés, et qui nous donne le droit de placer l'empire organique à côté de l'empire inorganique.

Hâtons-nous d'ajouter que la vie n'agit pas seule dans les corps vivants. Ils comprennent des matériaux bruts, attachés inorganiques qui font que l'être entier est, comme tout minéral, soumis à la double action de la pesanteur et de la force physico-chimique. Sans être en opposition avec elles, la vie modifie leur action comme nous avons vu la force physico-chimique modifier les effets de la pesanteur, et l'un de ces faits n'a rien de plus étrange que l'autre.

Laissons maintenant les corps bruts et reportons nos regards vers les êtres organisés.

L'observation des corps vivants a conduit à établir dans leur empire deux divisions universellement admises. Un premier groupe comprend des êtres immobiles dans leur ensemble, sauf l'action des agents extérieurs ; chez qui tous les mouvements propres à l'individu sont intérieurs et résultent seulement du jeu des organes. Ces êtres ne sentent pas, et n'ont pas la connaissance du monde extérieur. Ce sont les végétaux, et l'on peut dire que la seule adjonction de la vie aux forces qui agissent sur les corps bruts caractérise le *règne végétal*.

A côté des plantes, d'autres êtres vivants présentent deux

ètre pris comme type unique d'un règne spécial.
cette manière de voir, je dois, faisant appel aux
éraux que je viens de vous exposer, montrer que
ente un ensemble de phénomènes nouveaux et
avec ceux que nous avons observés chez les

rons-nous ces phénomènes? Dans l'anatomie?
non. Vous savez que tous les grands appareils
ent dans le corps de l'homme se retrouvent chez
les animaux, et que chez les plus élevés de
connait l'identité de composition presque os par
muscle, nerf par nerf. De plus, les progrès que
faits, grâce à l'observation microscopique, ont
nstater que la ressemblance s'étend jusqu'aux
nes de l'organisme.
nènes physiologiques pourront-ils servir de base
ent d'un règne humain? Pas davantage. Des or-
bles et composés des mêmes éléments ne peu-
ner différemment.
oup parlé de la station verticale. L'*os sublime* du
invoqué comme caractère distinctif spécial de
s cette observation perd beaucoup de son im-
on songe que certains singes marchent sur deux
ont pas, il est vrai, aussi droits que l'homme;
ujours un acheminement à la station verticale,
donc chez l'homme un caractère plus accusé,
xclusif. D'ailleurs le grand manchot et une cer-
canards domestiques ont aussi la station verti-
sorte que ce caractère ne suffit pas même à
ne espèce, comment pourrait-il motiver l'établis-
règne?
ous de l'intelligence?
ce par déclarer que personne plus que moi ne
onnaître combien ce caractère est poussé chez
n point de supériorité prodigieusement élevé,
n'on prend pour terme de comparaison les
plus développés sous ce rapport. Cependant,
, le dernier des zoophytes a des impressions
prouve des sensations externes. Comme nous
ance du monde extérieur et de lui-même; ses
ainsi que ses actes sont en rapport avec les
et les sensations qu'il reçoit. Une proie vient-
ent où il a faim, passer à portée de ses tentacules,
ndre à propos, saisir cette proie et la dévorer.
nous il associe des idées et des impressions;
Ce n'est pas tout. En s'élevant, — à partir de
rieur de l'échelle, — on voit l'intelligence croî-
rement. Ainsi, parmi les mollusques, l'huître est
e recevoir une certaine éducation, puisque dans
lui apprend à garder son eau de manière à arri-
t fraîche jusque sur nos tables. La faculté dont
le trouver les germes chez le zoophyte et chez
d un plus grand développement à mesure que
t que l'on passe des mollusques aux reptiles, des
oiseaux, des oiseaux aux mammifères, et surtout
spèces telles que le chien. Trouver un être qui,
mme, la possède à un degré infiniment supérieur,
nner un terme de plus à une progression crois-
s savons que la gradation d'un même caractère
ais conduire d'un règne à un autre.

tendons par ce mot la parole articulée, il est de toute évidence que l'homme seul la possède, et qu'il faut y voir une des manifestations les plus élevées de sa supériorité. Mais si l'on entend par langage le moyen, pour tous les êtres doués de sensibilité, de traduire leurs sentiments de joie, de terreur ou de douleur, nous sommes forcés de reconnaître que certains animaux ont un langage; qu'ils s'appellent, s'entendent, se répondent et s'avertissent. Ce langage est très-rudimentaire sans doute; il se compose uniquement d'interjections et de signaux. Mais il n'en constitue pas moins un phénomène qui ne change pas de nature en se perfectionnant chez l'homme. Ici encore nous voyons du plus et du moins, mais rien de complétement nouveau.

Nous ne trouverons pas plus de quoi légitimer l'établissement du règne humain, dans le caractère et dans les facultés affectives répondant aux idées d'amour et de haine. En effet, comme nous, l'animal aime et hait : il y a des chiens capricieux ou méchants, d'autres caressants et attachés à leur maître; il en est enfin qui nourrissent à l'égard de certaines personnes des haines parfois instinctives, parfois acquises. Chez certains animaux, nous trouvons le sentiment de la famille, le dévouement des parents pour leurs petits, et même celui des membres d'une même communauté pour le bien commun, poussés à un degré qui frappe de surprise l'observateur le plus familiarisé avec cet ordre de recherches.

Où donc faudra-t-il s'adresser pour découvrir chez l'homme ce *quelque chose*, cet ordre de phénomènes nouveaux nécessaire pour caractériser un règne? Faisons comme les naturalistes, qui ne classent un être qu'après l'avoir étudié dans son entier, et non sur l'examen isolé de tel ou tel ensemble de caractères.

Chez tous les peuples connus, il y a dans la langue des mots qui sont les équivalents de *bon* et de *méchant*, d'*honnête* et de *scélérat*, et cette particularité implique une idée générale, une distinction abstraite entre le bien et le mal moral, entre le juste et l'injuste. J'appelle *moralité* la faculté que possède l'homme de faire cette distinction. Elle se traduit par des institutions, par des croyances, accompagnées d'actes publics et privés; en un mot, par des phénomènes dont l'animal ne fournit pas d'exemple. On doit donc voir en elle un premier caractère tout à fait nouveau et distinctif.

Nous en trouvons un second dans la *religiosité*. Je donne ce nom à un nouvel ordre de phénomènes essentiellement humains qui supposent la croyance à des êtres supérieurs, l'idée d'une autre existence au delà de la vie terrestre, idée accompagnée presque toujours de la croyance à des peines et à des récompenses après la mort. Ici encore nous voyons des institutions, des actes publics et privés, de grands phénomènes sociaux et politiques, être la conséquence de ce nouveau caractère que présente l'homme. On n'a rien non plus observé de tel chez les animaux.

A vouloir ne tenir compte que de ces caractères exceptionnels, tout en les mettant en opposition avec les ressemblances que j'ai signalées plus haut, on pourrait dire que l'homme est un animal moral et religieux. Cette définition serait mauvaise au même titre que celle qui ferait de l'animal un végétal sentant et se mouvant. Cependant, l'idée fondamentale en est juste : la moralité et la religiosité, voilà ce que l'homme a de plus que l'animal.

Je vous ai dit que, décidé à m'interdire le domaine de la fidèle à la méthode des naturalistes; à l'appui de cette as tion, je mets sous vos yeux deux tableaux : l'un est celui définitions linnéennes, l'autre celui de mes caractéristiq pour les empires et les règnes.

TABLEAU CARACTÉRISTIQUE DES RÈGNES
(LINNÉ).

LAPIDES. . : — Corpora congesta, nec viva, nec sentientia.
VEGETALIA : — Corpora organisata et viva, non sentientia.
ANIMALIA : . — Corpora organisata, et viva et sentientia sponte se moventia.
Homo sapiens. — Creatorum operum perfectsimum, ultimum, et summum.......... ve raturus authorem.

TABLEAU CARACTÉRISTIQUE DES EMPIRES ET DES RÈGNES
DE LA NATURE (M. DE QUATREFAGES).

EMPIRES.	RÈGNES.	PHÉNOMÈNES.	CAUSES.
INORGANIQUE (Pallas).	SIDÉRAL (de Candolle).	Mouvement.	Attraction.
	MINÉRAL (Linné).	Mouvement + phénomènes physico-chimiques.	Pesanteur + force physico-chimique (chaleur, électricité, etc.).
ORGANIQUE (Pallas).	VÉGÉTAL (Linné).	Mouvement + phénomènes physico-chimiques + phénomènes organiques.	Pesanteur + force physico-chimique + vie.
	ANIMAL (Linné).	Mouvement + phénomènes physico-chimiques + phénomènes organiques + mouvement volontaire et phénomènes sensitifs.	Pesanteur + force physico-chimique + vie + sensibilité et volonté (âme animale de certains auteurs).
	HUMAIN.	Mouvement + phénomènes physico-chimiques + phénomènes organiques + mouvement volontaire et phénomènes sensitifs + phénomènes religieux et moraux.	Pesanteur + force physico-chimique + vie + sensibilité et volont + moralit et religiosité (âm humaine).

Vous voyez que, dans la partie de mon tableau qui re ferme les caractéristiques du règne minéral, du règne végét et du règne animal, je n'ai fait que copier Linné. Mais ayan adopté le règne sidéral de de Candolle, j'ai dû le séparer de autres par des caractères distinctifs qui viennent s'ajouter au adjectifs de Linné.

Quant au règne humain, je ne fais encore, en réalité, qu formuler ce qu'avait admis le classificateur, le nomenclateu par excellence. En effet, Linné a bien traité de l'homme dan son *Règne animal*; bien plus, il l'a placé dans un même genre avec un singe anthropomorphe (*Homo troglodytes*). Mais, dans une note qu'on oublie trop souvent, il a grand soin de dire qu'en réalité ils ne sont ni de même sang, ni de même e-

…, si de même genre. Son erreur taxinomique doit donc … attribuée uniquement à l'insuffisance du savoir de son …, et aux lacunes que présentait encore la méthode na…lle, qui lui ont fait classer l'homme après l'avoir envisagé …oint de vue physique seulement.

…est d'autant plus important d'ajouter que dans les prolé…ènes de son *Imperium naturæ*, après avoir caractérisé …ois règnes, il consacre à l'homme un alinéa entier, et … beaucoup pour Linné. J'en ai mis la dernière phrase à la … de ses définitions. Il y montre l'homme comme un être …tionnel, entièrement distinct, et le caractérise, comme …is, par la religiosité lorsqu'il termine par ces mots : « …aturus authorem ». Je puis donc sur ce point me dire …rd avec Linné.

…ne le suis pas moins avec Buffon, qui, à l'époque où il …ait son *Histoire de l'homme*, protestait encore contre toute …ification. Mais, comme Linné, il est entraîné par l'évi…ce, et déclare que l'homme « fait une *classe* à part », et … avez que, dans son langage, le terme de classe équivaut … près à celui de règne. « Il est évident, dit-il encore, … l'homme est d'une nature entièrement différente de celle …animal, qui ne lui ressemble que par l'extérieur, et que …ger par cette ressemblance matérielle, c'est se laisser …per par l'apparence et fermer volontairement les yeux … lumière qui doit nous la faire distinguer de la réalité. » …pourrais vous citer d'autres passages encore ; celui-là me …ait suffire pour montrer que Buffon aurait admis le règne …main s'il avait cherché à traduire son appréciation des …pports dans une classification. Mais on sait qu'il ne comprit …e *plus tard* l'utilité de ces cadres même artificiels.

…ans *la manière* de comprendre la place qui revient à …omme au milieu des autres êtres vivants, j'ai donc en … temps pour moi Linné, le grand nomenclateur, et …, qui le fut si peu, tout en possédant un sentiment si vif … que nous appelons aujourd'hui la *méthode naturelle*. …ant Buffon et Linné ont pu se tromper tous les deux, … ne demande à personne de me croire sur parole. Aussi … à répondre aux objections diverses qu'a soulevées la doc…e du règne humain ; c'est ce que je m'efforcerai de faire … ma prochaine leçon.

III

Règne humain (suite).

Messieurs,

…vous ai dit, dans ma précédente leçon, quels sont les ca…res bien tranchés qui motivent pour le naturaliste la …ation d'un règne humain : ce sont, d'un côté, la religio…, à laquelle l'homme doit la notion d'êtres qui lui sont …rieurs et la croyance à une vie future ; de l'autre, la mo…é, c'est-à-dire la faculté de discerner, non pas un bien et …al absolus, mais en quelque sorte un bien et un mal re….

…admission d'un règne humain a soulevé des objections …breuses, qui se sont manifestées, soit à la Société d'an…pologie, où la question a été l'objet d'une discussion ap…ondie, soit de la part de mes auditeurs mêmes. Je vais au…rd'hui les passer rapidement en revue, m'en rapportant à …-mêmes pour juger de leur valeur.

…'écarte d'abord une assertion souvent reproduite, et qui est, non pas une objection, mais une véritable fin de non-recevoir. On a dit que former un règne humain, c'était obéir, soit à un sentiment d'orgueil, soit à certaines idées religieuses. Je proteste formellement contre ces deux insinuations. En ce qui touche l'orgueil, ceux mêmes qui parlent ainsi se déclarent en même temps très-distincts des bêtes, on pourrait donc leur renvoyer le reproche. Quant aux idées religieuses, c'est un terrain que je m'interdis absolument, tout autant que le terrain philosophique ; mes lecteurs, aussi bien que mes anciens auditeurs, le savent, et vous pourrez en juger aujourd'hui.

Beaucoup de naturalistes ont contesté que le double caractère sur lequel je fonde l'établissement d'un règne appartienne réellement au genre humain tout entier. Cependant l'universalité des facultés morales chez les hommes n'a jamais été bien sérieusement attaquée. Il est évident, en effet, qu'une société même de bandits ne saurait exister sans conventions réciproques fondées précisément sur cette double notion du bien et du mal. Sans doute, l'application de cette idée diffère considérablement avec la nature des groupes sociaux chez qui on l'observe ; sans doute, les inconséquences les plus étranges se rencontrent. On peut citer tel règlement de pirates décrétant la peine de mort contre les voleurs ; la vengeance est regardée comme une vertu, comme un devoir chez le Peau-rouge, tandis que le juge européen la punit le plus souvent comme un crime… On a fait une objection de ces contradictions ; mais c'est là par une erreur évidente.

En effet, si les différences dans les manifestations de ce que nous appelons la moralité sont faites pour exercer les méditations du philosophe, qu'importe au naturaliste, une fois qu'il a constaté chez tous les hommes des phénomènes très-divers sans doute, mais qui trahissent pourtant une faculté unique, celle de décider que parmi les actions humaines, on doit louer les unes comme morales, et flétrir les autres comme immorales. Le naturaliste a le droit de croire à cette faculté comme le mathématicien conserve sa formule, et ne songe nullement à la supposer vaine ou fausse parce que les données et les signes venant à changer, le résultat en peut varier de zéro à l'infini et être positif ou négatif.

Au reste, les adversaires de la doctrine que je défends ont surtout fait porter leurs objections sur l'universalité du sentiment religieux. Ici la lutte est devenue plus vive.

On a commencé par affirmer l'existence de populations sans croyances religieuses. On s'est appuyé, pour le prouver, sur des faits que je suis loin d'admettre et sur lesquels je reviendrai tout à l'heure. Toutefois supposons pour un instant qu'ils soient démontrés. Je vous le demande, messieurs, je le demande à nos adversaires eux-mêmes, qu'ont-ils jamais pu citer dans cet ordre d'idées ? Pas une grande formation humaine, mais seulement certaines peuplades, aussi rares que peu éclairées et souvent peu connues. Admettons qu'elles constituent réellement autant d'échantillons de groupes humains totalement dépourvus du sentiment religieux. Faut-il voir là une objection sérieuse, quand la religiosité se retrouve incontestablement chez l'immense majorité des hommes, dans toutes les races et dans des groupes aussi voisins que possible de ceux-là même qu'on assure en être dépourvus ? Évidemment non, et un simple argument emprunté à une analogie tout anatomique vous en convaincra, j'espère.

On rencontre, dans certains groupes naturels d'animaux,

groupe. Jamais naturaliste n'a eu l'idée cependant de nier pour cela la valeur de cette subdivision. C'est ainsi que l'existence parmi les ruminants à cornes de races de bœufs, de moutons et de chèvres sans cornes, n'a jamais été considérée comme une objection au choix de la caractéristique de ce groupe.

On a repoussé cette comparaison, d'abord en alléguant l'impossibilité de comparer un caractère intellectuel ou moral à un caractère anatomique. On a dit, en second lieu : le règne est un groupe trop élevé pour être assimilé à une famille.

Je réponds à la première objection que, pas plus dans les sciences naturelles qu'en mathématique, les méthodes ne changent avec la nature ou l'importance des données. La religiosité, comme la moralité et l'intelligence, rentre, pour le naturaliste, dans le domaine général des caractères ; et quant à l'intelligence, qui se retrouve chez les animaux, vous verrez qu'en étudiant leurs races, nous aurons à en tenir compte, bien que ce caractère ne tombe pas directement sous nos sens. Voilà pourquoi nous avons le droit d'invoquer, à propos de facultés exclusivement humaines, les arguments que nous fournit l'étude de caractères physiques dans certains groupes du règne animal.

Quant à la seconde objection, qui consiste à dire que les caractères distinctifs du règne sont trop importants pour pouvoir être assimilés, quant aux conséquences de leur disparition exceptionnelle, aux caractères distinctifs de la famille, elle n'est pas plus fondée. Encore une fois, pas plus dans les sciences naturelles que dans les sciences mathématiques, les principes ne changent selon les problèmes. En botanique, en zoologie, l'importance du groupe n'influe en rien sur les rigueurs de la caractérisation. Le naturaliste veut que même un sous-genre soit aussi rigoureusement caractérisé qu'un règne ; il n'admet pas que ses caractères distinctifs puissent présenter une importance relative assez faible pour autoriser à leur égard une latitude d'appréciation que l'on s'interdirait sévèrement s'il s'agissait d'un règne. Dès lors, quand on voit disparaître un caractère ostéologique d'une subdivision zoologique, sans pouvoir isoler l'animal qui en est dépourvu de ce groupe où ses frères l'ont conservé, peut-on refuser d'appliquer le même principe chez l'homme à propos d'un caractère intellectuel moral ou religieux ? Évidemment non. A ce compte, un fou ne serait plus un homme. Nous concluons, au contraire, par analogie, que la religiosité, quand bien même elle manquerait à quelques rares peuplades humaines, devrait encore rester une caractéristique parfaitement rigoureuse du règne humain.

Jusqu'ici j'ai supposé démontrée, vous ai-je dit, l'existence de populations athées. Mais le fait est-il vrai ? Il est permis d'en douter et même de le nier, depuis surtout les discussions si complètes de la Société d'anthropologie. Pour ma part, je déclare que je ne connais plus une seule peuplade qu'on puisse, avec quelque apparence de raison, appeler athée. Sans doute on trouve des individus et des écoles qui déclarent ne pas admettre pour leur compte d'idées religieuses. J'accepte comme absolument exacte l'assurance qu'ils donnent de leur athéisme, en me bornant à faire remarquer que ces individus ou ces écoles appartiennent presque exclusivement aux nations civilisées, c'est-à-dire à celles qui ont souvent

une existence sociale distincte et pouvant mériter le t
de race. On a surtout cité comme tels les Boschimen et
Australiens. Méritent-ils vraiment ce qu'on a dit d'eux ? M
quant aux premiers, nous savons par Kolb, et depuis
MM. Arbousset et Daumas, que, traqués de tous côtés,
ont conservé dans leur vie misérable des croyances d'u
élévation parfois remarquable. Quant à ceux qui parlent
l'athéisme des Australiens, ils oublient ou ne savent p
qu'il existe chez eux toute une mythologie, bien rudim
taire sans doute, si on la compare à la mythologie gr
que, mais qui accuse néanmoins un sentiment religieux as
développé. Au reste, en faisant par la suite l'étude détaill
des races, je reviendrai sur les diverses manifestations de
religiosité ; alors je vous la montrerai chez tous les homme
de manière à ne plus laisser aucun doute dans vos esprits.

Remarquons, dès à présent, qu'en général le développemen
religieux suit les progrès de la civilisation. Ce n'est pourtant
pas une règle absolue, et l'on trouve chez des peuplades qu
leur mode d'existence place au dernier rang, chez des tribu
de simples chasseurs, des idées religieuses plus précises et
beaucoup moins grossières que celles de groupes plus civilisés
Nous pouvons conclure de ce fait comme conclusion impor
tante, l'indépendance qui existe entre la cause intellectuel
et la cause religieuse.

Parmi les objections qui m'ont été adressées, il en est un
plus spécieuse que les précédentes. On a dit : Tous les carac
tères taxinomiques sont directement accusés par des fait
qui tombent sous les sens ; comment dès lors séparer l'homm
des animaux en vertu de caractères qu'on ne peut ni voir ni
toucher ?

Il y a ici une confusion évidente. Il est vrai que les groupes
inférieurs sont formés, d'après des particularités physiques,
ostéologiques ou anatomiques. Mais nous avons vu que tous
les caractères de règnes, la vie, la sensibilité, la volonté, échap-
pent à nos sens comme toutes les forces ; nous ne les connais-
sons que par leurs effets. Il en est de même de la pesanteur,
de la lumière et du calorique. Or, relisez les phrases de
Linné ; vous verrez que la vie, la volonté, la sensibilité, lui
servent bien à caractériser les règnes. C'est que, pour ces
groupes les plus élevés, il faut aussi s'adresser à ce que les
êtres qu'ils comprennent ont de plus général et de supérieur,
car c'est de là que découlent les faits secondaires qui leur
sont propres.

Mais, ajoute-t-on, si nous ne voyons ni la volonté ni la
sensibilité, nous en voyons au moins les organes, et le
système nerveux est quelque chose de matériel. Sans au
cun doute ; mais à l'époque où Linné écrivait ses phrases
l'appareil nerveux d'une foule d'animaux était inconnu. Il
était de même au temps où Lamarck admettait des animaux
apathiques. Aujourd'hui encore les organes de la sensibilité
n'ont pas été découverts chez des infusoires dont la place dans
la classification générale des êtres n'est pourtant pas dou
teuse, parce que, en dépit de notre ignorance anatomique
à leur égard, la sensibilité et la volonté se manifestent en
eux par des phénomènes incontestables. Ainsi la faculté
générale s'accusant par des actes a de tout temps été consi-
rée comme un caractère, et certes la religion est bien dans
ce cas.

On a dit encore que la moralité et la religiosité résul

que chose d'antérieur, elles ne pouvaient être prises comme caractères du premier ordre. C'est là, non pas un fait, mais une explication analogue à celle de Descartes, qui, dans son désir de réserver à l'homme seul la faculté de raisonner, voulait expliquer par la mécanique tous les actes des animaux. Vous savez qu'il les dotait d'un mécanisme intérieur mis en mouvement par les impressions du dehors, qui agissaient sur lui par l'intermédiaire de ressorts. Il me suffit de vous renvoyer à la Fontaine pour réfuter une hypothèse aussi étrange, et de vous faire remarquer qu'agir à la manière de Descartes serait sortir de la méthode des sciences naturelles. Encore une fois, Linné, voyant chez les animaux deux phénomènes fondamentaux qui en engendraient d'autres, les a pris pour attributs du règne. J'ai fait comme Linné, et comme lui j'ai ménagé l'avenir. Supposons, en effet, que Descartes ait raison, et que la sensibilité et la volonté résultent de la force physico-chimique. Les faits matériels n'en existeront pas moins, indépendamment de toute hypothèse faite sur leur origine, et ils suffiront toujours pour séparer aussi profondément que par le passé les animaux des végétaux. Aussi, quand même la religiosité et la moralité ne seraient que des manifestations nouvelles de l'intelligence, des phénomènes intellectuels d'un ordre aussi spécial empêcheraient encore de placer l'homme dans le règne animal.

Une autre objection consiste à insinuer qu'après tout, la question est un peu oiseuse. On pourrait bien, dit-on, étudier l'homme sans l'avoir résolue. — Oui, le médecin, l'anatomiste, le physiologiste, peuvent agir ainsi; le naturaliste n'en a pas le droit. Un de ses buts les plus élevés est de mesurer les rapports d'espèce à espèce, de groupe à groupe, et d'arriver ainsi à des vues d'ensemble. Voilà pourquoi de graves discussions se sont élevées autour d'êtres infimes qui ne présentaient aux savants d'autre intérêt que celui de leur ambiguïté même. Voilà pourquoi le *Lepidosiren* a soulevé de véritables controverses, pourquoi l'*Amphioxus* a fait accomplir à Jean Müller le voyage de la Baltique. Peut-on dès lors trouver étrange que l'anthropologiste mette quelque soin à traiter à propos de l'homme une question analogue à celles dont l'*Amphioxus* et le *Lepidosiren* ont été les héros.

Au reste, il est un fait qui résulte au plus haut degré de la discussion qui s'est agitée au sein de la Société anthropologique, fait qui confirme tout ce qui précède, qui motive mon insistance et justifie mes conclusions. Personne n'a prétendu confondre l'homme avec l'animal, ou ne voir entre eux que des différences peu importantes. C'est sur l'étendue d'une distance toujours très-grande que l'on a discuté. Cette distance importe donc ; il est donc naturel de se demander comment on l'appréciera et de quelle valeur sera le groupe humain.

Or, dans l'appréciation de cette distance, il y a deux manières d'agir. Le naturaliste peut dans son œuvre taxinomique embrasser ou bien l'homme tout entier, ou seulement l'homme physique. Je ne pouvais pas à hésiter ; j'aurais cru m'arrêter à moitié chemin si je n'avais compris dans mon étude l'être complet. En agissant ainsi, j'ai suivi l'exemple que me donnaient Linné dans ses systèmes, de Jussieu dans sa méthode.

J'ajouterai qu'en s'attachant uniquement aux caractères physiologiques ou anatomiques, le naturaliste ne peut faire de l'homme qu'un genre ou tout au plus une famille de mer la différence énorme sur laquelle tout le monde est d'accord? Ceux qui ne considèrent que le corps placent l'homme parmi les anthropomorphes, en déclarant toutefois qu'il en est très-distinct. Je préfère l'en séparer, en constatant précisément ces différences que personne ne nie.

Quant au reproche de dissimuler les ressemblances, je crois que ce que j'ai dit sur ce point, à propos de l'établissement des règnes, y répond suffisamment.

Au point où nous en sommes, je pense vous avoir montré que la moralité et la religiosité sont deux facultés communes à tous les hommes dans des limites dont l'étude des races rendra compte. Sont-elles spéciales au groupe humain? Telle est la question à laquelle nous ramène une autre série d'objections ou plutôt de difficultés que l'on tire de la prétendue existence parmi les animaux de phénomènes analogues à ceux qui proviennent chez l'homme de la moralité et de la religiosité. Passons rapidement en revue cet ordre de considérations.

On a voulu rattacher à la moralité des traits de courage et de dévouement accomplis par les individus appartenant à certaines sociétés animales, comme celles des abeilles et des fourmis. Mais ces faits, je vous l'ai dit, se rattachent uniquement à l'instinct ou au caractère ; et en cela l'animal et l'homme se ressemblent. Chez ce dernier, des actes de la même nature que ceux dont je viens de parler dérivent aussi en grande partie du caractère et de l'éducation, causes bien différentes de la moralité. Toutefois celle-ci, chez l'homme, peut et doit y contribuer dans bien des cas. Rappelons-nous que, jusque dans les corps bruts, la force physico-chimique s'associe à la pesanteur pour produire des phénomènes mixtes, et ne soyons pas surpris de trouver ailleurs des faits analogues.

Je passe aux prétendues manifestations d'un germe d'idées religieuses chez certains animaux.

On sait que parfois le chevreuil serré de près par les chasseurs non loin de lieux habités, choisit comme dernier refuge la cour d'une ferme, et que la perdrix poursuivie par le milan va de même se jeter dans les jambes de la fermière. N'est-il pas possible, a-t-on dit, que des actes si extraordinaires de la part d'animaux sauvages émanent du sentiment qu'ils ont d'un pouvoir supérieur représenté par tout ce qui tient à l'homme et par l'homme lui-même? — J'avoue qu'il m'est impossible de trouver dans les faits précédents rien qui rappelle ceux qui, chez l'homme, trahissent la religiosité. Le chevreuil et la perdrix ont vu l'homme, le chasseur, ils connaissent sa force et le fuient. Où voit-on là rien qui ressemble au sentiment de la foi, essence même de l'idée religieuse; sentiment qui suppose le respect et la crainte d'êtres supérieurs qu'on n'a jamais vus, mais dont un sentiment inné vous garantit néanmoins l'existence? Dans les faits invoqués, je vois seulement que des animaux, affolés par la peur d'un péril, ont été assez aveuglés pour se précipiter dans un péril plus grand encore; de même que l'habitant d'une maison qui brûle s'égare parfois jusqu'à sauter par la fenêtre, malgré la certitude qu'il a d'être brisé dans sa chute.

On a dit encore que l'attitude du chien vis-à-vis de son maître rappelait celle de l'homme devant la Divinité. — Je repousse cette comparaison, d'abord par des raisons analogues à celles que je viens d'invoquer. Le chien a vu, touché,

senti son maître ; il le connaît matériellement. Néanmoins je ne vois rien dans ses actes qui rappelle l'idée de culte ou d'adoration. Tout au plus agit-il à son égard comme ces vassaux du moyen âge qui se dévouaient de père en fils, et jusqu'à la mort, à leur seigneur souvent méchant et brutal.

Mais surtout, à propos du chien, je vous rappellerai les belles recherches de Frédéric Cuvier sur la part que conserve l'instinct dans la sujétion de l'animal à son maître. Celui-ci se borne le plus souvent à détourner à son profit le sentiment naturel grâce auquel l'animal, laissé en liberté, obéissait à un chef de son espèce, comme cela se voit chez tant d'espèces sauvages vivant par troupeaux.

Je viens de vous dire que l'homme ne connaît pas par le témoignage des sens les dieux qu'il adore et qu'il craint. Mais le fétichisme, mais le culte des images, me dira-t-on ne donnent-ils pas un démenti à cette idée ? et ne faut-il pas plutôt voir dans ces pratiques une certaine parenté avec les actes dont nous venons de parler chez les animaux? — Je réponds que le culte des images repose sur un sentiment qui dérive en même temps de l'imagination et de la foi. On croyait évidemment au Dieu avant de chercher à le représenter. Quant au fétichisme, même chez les nègres, il est généralement mal connu. Je ne puis aujourd'hui aborder cette question, que nous retrouverons plus tard. Je me bornerai donc à vous dire que partout où on l'a étudié avec soin, on a trouvé derrière le fétiche des idées incontestablement religieuses.

Enfin la religiosité ne comprend pas seulement la croyance à des êtres supérieurs. A elle se rapporte aussi la croyance à une autre vie. Or, sur ce point, on n'a jamais fait la moindre objection ; car rien ne permet de supposer chez les animaux une notion de cette nature.

Ainsi la moralité et la religiosité ne sont pas seulement deux facultés communes à tous les hommes, elles leur sont en outre spéciales. On peut donc les regarder comme des faits généraux ayant chez nous la même valeur que la sensibilité et la volonté chez les animaux ; on est en droit de les prendre pour attribut d'un règne humain.

Pour qui les examine et les compare dans leurs manifestations, la moralité et la religiosité ne sont pas invinciblement liées. On voit d'un côté des personnes croyantes et fort peu morales, de l'autre des hommes sceptiques en religion et très-moraux dans leurs actes. Est-il croyable cependant que les deux caractères distinctifs de l'homme émanent de deux causes différentes ? Après avoir rapporté à une seule toutes les anciennes forces physico-chimiques, après avoir fait dériver la sensibilité et la volonté d'une seule cause, la réponse n'est pas douteuse. L'homme aussi, dans les phénomènes qui nous servent à le caractériser, doit obéir à une force unique. Quel nom donner à cette force, à cette cause, à ce *je ne sais quoi?* Il en est un consacré par l'usage et qu'emploient ceux-là même qui nient l'existence d'un principe actif spécial à l'homme. Nous ne devons pas hésiter à employer cette expression, et nous dirons que l'homme se distingue des animaux par son *âme* morale ou âme religieuse.

Remarquez bien, messieurs, le point précis où je m'arrête. Il est bien entendu que si j'adopte cette expression, c'est en dehors de tout commentaire philosophique ou religieux. Comme celles de vie et d'âme animale, elle représente uniquement une cause inconnue à laquelle je suis amené à rapporter des phénomènes que j'ai observés. Je ne me préoccupe ni de la nature, ni de l'origine, ni de la destination de l[...] Je reste donc sur le terrain de l'expérience et de l'ob[...]tion ; aller au delà serait entrer dans le domaine des [...]thèses, des probabilités ou de la théologie. Je me bo[...] constater un fait, l'existence de l'*âme humaine ;* à chacu[...] tirer les conséquences que son intelligence ou son cœ[...] inspireront.

Si je me suis bien fait comprendre, vous emporterez [...] qui précède quelques résultats précis.

En résumé, tous les corps, tous les êtres, se répart[...] en groupes primordiaux nettement séparés : ce sont l[...]gnes. Chacun de ces groupes diffère du groupe inférieu[...] un ensemble de phénomènes spéciaux ayant leurs lois [...]pres et qu'on peut regarder comme se rattachant [...] force, un principe distinct, *un je ne sais quoi* très-p[...]blement unique. Chaque règne présente en outre des [...]nomènes du même ordre que ceux qu'on rencontre dans les règnes qui lui sont inférieurs, et nous en concluons les forces existant dans ces règnes se retrouvent toutes [...] lui.

L'homme forme un règne à part, le plus élevé de t[...] il doit donc présenter aussi des phénomènes analogu[...] ceux que l'on constate dans tous les autres règnes, pro[...] par les mêmes forces qui les produisent ailleurs et obéi[...] aux mêmes lois.

Ainsi, dans tout ce qui n'est pas exclusivement hu[...] l'homme est régi par les mêmes lois que les autres êtres. [...]lors nous pouvons et nous devons demander à ces der[...] et en particulier aux êtres vivants, des renseignements [...] par analogie, nous éclaireront sûrement sur l'histoire natu[...] de l'homme.

Voilà donc justifié par un premier coup d'œil jeté sur l'ensemble de la nature le principe dont nous avons fait la base de notre méthode anthropologique.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'AMIENS.

M. ED. GAND.

Les cristallisations salines; applications aux impressions sur tissus.

Voyons d'abord ce qui se passe lorsqu'on se borne à étendre certain[...] dissolutions salines sur des feuilles de métal ou de verre.

Prenons, par exemple, quatre feuilles de verre. Dégraissons-en l[...] surface avec un peu de dissolution de potasse caustique ; plaçons [...] feuilles horizontalement, et avec un pinceau étendons en couche min[...] sur la surface de chaque verre une dissolution quelconque : soit u[...] dissolution de sulfate de cuivre sur la première feuille ; une de sulf[...] de zinc sur la seconde ; une de sulfate de protoxyde de fer sur la troi[...]sième ; et enfin une dissolution de sulfate de magnésie sur la quatrième[...]

Cela fait, attendons un instant. L'évaporation commence, et voye[...] au fur et à mesure qu'elle s'effectue, elle facilite la formation de cris[...]taux ayant, sur chaque feuille de verre, un caractère tout à fait spécial[...] Dans chaque dissolution, les molécules sont attirées les unes vers le[...] autres, et finissent par former des cristaux isolés ou des groupes de cris[...]taux qui, comme les gouttelettes d'eau sur la vitre du wagon, laissent autour d'eux la surface du verre en grande partie dépouillée de matière saline.

Dans ces quatre expériences, les molécules de chaque sel ont été laissées en pleine liberté. Rien, au moment de l'évaporation de l'eau, n'est venu s'opposer à ce qu'elles prissent la forme que leur assignent les cristallographes. Chaque substance, comme je viens de le dire, a[...]

...duit des cristaux dont la forme est facile à déterminer. Semblable ...mène se produira pour toutes les substances cristallisables.

Mais la tendance des molécules cristallines à se conformer à l'ordre ...ngement qui leur a été imposé par la nature, peut-elle être modi... au point que les cristallisations de ces mêmes molécules présentent ... aspects s'écartant plus ou moins du type primordial? Oui, mes...eurs, et c'est là le problème qu'a résolu M. Kuhlmann.

Si, par un stratagème qu'il nous a expliqué, on vient à contrarier la ...bilité des molécules cristallines, les dessins prennent alors un carac... d'originalité que je qualifierai d'*anormal*. Il suffit pour cela d'in...rporer dans les dissolutions salines certaines matières gommeuses, ...mineuses ou visqueuses, telles que la gomme, la dextrine, l'albu...e, la gélatine, etc. On peut encore opposer une sorte d'obstacle ... aux molécules cristallines en épaississant les dissolutions par ...xyde métallique hydraté, par de l'alumine, de la magnésie, de ...de de zinc, de l'oxyde de cuivre, de l'oxyde de fer ou par d'autres ... amorphes...

Dans ces diverses combinaisons, la cristallisation prend sur toute la ...face de la plaque un aspect qui n'a plus le moindre rapport avec la ...tallisation des molécules laissées à l'état libre dans l'eau. Elles cher...ent bien encore à se réunir; mais, gênées dans leurs allures, elles ...aissent péniblement au milieu de l'espèce de bourbier avec lequel ... sont amalgamées. Elles ont conservé cette espèce d'instinct qui ... se rechercher l'une l'autre; mais elles ne peuvent plus parvenir à ...endre les formes que leur commande une sorte de mutuelle sym...thie. De là naissent des configurations très-bizarres, configurations ... l'on modifie en concentrant plus ou moins les dissolutions, en les ...langeant dans des proportions variables, en changeant la nature chi...que et la quantité des corps amorphes ou des matières visqueuses ...corporées dans le liquide saturé de sulfate.

M. Kuhlmann obtient encore des dessins très-variés en opérant à ... des températures variables; et, ce qu'il y a de très-remarquable, c'est ... que les dissolutions donnent, par un froid intense, des configurations ... qui diffèrent totalement de celles qu'on obtient avec les mêmes sub...stances lorsqu'on opère à la température ordinaire. — Des configura...tions nouvelles se produisent également lorsqu'on opère à des tempé...ratures qui dépassent le degré normal.

M. Kuhlmann, pénétré du parti que l'industrie pourrait tirer de toutes ces *compositions* spontanées, s'est demandé s'il ne serait pas possible d'en conserver les empreintes sur des corps résistants. Il était d'autant plus intéressant d'obtenir ce résultat, que les dessins cristallins sont d'une grande instabilité. On voit du jour au lendemain des modifications radicales se manifester dans leur aspect. La température, l'état hygrométrique de l'air et d'autres causes, sans doute, jouent ici un grand rôle, et cela en dépit de la couche de vernis ou de collodion dont on peut couvrir les dessins cristallins.

Après une série d'essais très-intéressants, M. Kuhlmann s'est enfin arrêté aux reproductions des travaux cristallins, soit par la pression verticale, soit par la galvanoplastie.

Pour obtenir des reproductions par la pression verticale, il étend ses dissolutions sur des feuilles de fer, d'acier ou de maillechort, et quand la cristallisation est opérée, il applique dessus une feuille de plomb ou de cuivre recuit qu'il comprime au moyen d'une presse hydraulique ou d'un puissant laminoir. Il a ainsi le dessin en creux sur le métal.

Quand c'est la galvanoplastie qui doit jouer le rôle de graveur, il comprime de la gutta-percha ramollie sur les tableaux cristallins. Les reliefs des dessins se reproduisent en creux dans la gutta-percha; celle-ci, à son tour, sert de moule pour fournir, par l'électrotypie, des planches de cuivre donnant le relief des cristallisations. Avec ces dernières planches, on en fait d'autres en creux qui sont bonnes pour l'impression. On obtient ainsi la reproduction des détails les plus délicats, détails que le graveur ne saurait imiter sur métal, ni, à plus forte raison, sur bois.

L'art de l'impression sur étoffes trouve donc là deux auxiliaires inespérés, la cristallogénie et la galvanoplastie, c'est-à-dire un dessinateur d'une inépuisable fécondité et un graveur sans rival.

Cependant il se présente ici une objection qui a sa valeur. Chaque tableau cristallin est, il est vrai, aussi varié que possible sur toute la surface du plan où s'est opérée la cristallisation. Mais si l'on vient à placer l'une à côté de l'autre deux épreuves tirées avec le même cliché, on voit que les effets qui se terminent sur le côté droit du rectangle de gauche ne s'accordent pas avec les effets qui commencent à surgir sur le côté gauche du rectangle de droite. De même, si l'on place ces deux épreuves, non plus à côté l'une de l'autre, mais bien l'une au-dessus de l'autre, on trouve également que, sur la ligne où se fait la juxtaposition, les motifs du plan supérieur ne viennent pas se souder ou se raccorder avec les motifs du plan inférieur.

Or, on sait que pour donner à un dessin industriel l'aspect d'une composition continue dans tous les sens, il faut le disposer de façon que les motifs se soudent aussi bien sur les arêtes longitudinales que sur les arêtes transversales du plan dans lequel on doit restreindre la composition artistique. C'est ce qu'on appelle *mettre un dessin au raccord*, opération qui est une véritable pierre d'achoppement pour certains dessinateurs. Dans les tableaux cristallins il y a, comme nous venons de le voir, deux solutions de continuité, deux manques de *rapports* (autre terme technique) entre les effets qui se juxtaposent soit en hauteur, soit en largeur. Dans les reproductions ou répétitions d'un même cliché sur les deux sens, cela détermine ce que nous appelons encore des *effets de rue*, des espèces *d'encadrements* dont l'aspect est le plus disgracieux.

Comment alors disposer les solutions pour que le raccord en hauteur et le raccord en largeur soient observés?

M. Kuhlmann a résolu le premier problème de la façon la plus élégante. Au lieu d'une feuille à surface plane, M. Kuhlmann prend un cylindre de métal. Il le dispose horizontalement. Puis il étend sur toute la surface de ce cylindre une couche mince d'une dissolution quelconque, préparée comme nous l'avons indiqué plus haut; et, pour soustraire le liquide à l'influence de la pesanteur, pour maintenir conséquemment ainsi la plus grande égalité possible dans l'épaisseur de toute la couche, il imprime au rouleau un léger mouvement de rotation sur son axe jusqu'à ce que l'évaporation ait produit son effet. On comprend que les molécules cristallisables ont pu alors se disposer sur toute la périphérie du cylindre, absolument comme sur des plaques horizontales, c'est-à-dire dans des conditions analogues d'attraction réciproque. C'est le cas de dire ici que, *dans le sens de rotation de ce rouleau*, le dessin a son raccord partout, et sa limite de composition nulle part.

Cet appareil, très-ingénieux, jouera assurément tôt ou tard un rôle capital dans l'importante industrie de l'impression sur étoffes, et même dans l'industrie de l'impression sur papier.

Une des grandes difficultés dans la gravure pour impression, c'est d'obtenir la reproduction de très-petits effets, de ces riens qui par leur ensemble constituent un je ne sais quoi d'indéfinissable pour l'œil, riens qui servent de soubassement à de plus larges et de plus brillantes compositions. Le pinceau du dessinateur est lui-même parfois impuissant à tracer tous ces effets quasi microscopiques, qui donnent tant de charme à certaines impressions sur étoffe. Eh bien! le procédé de cristallisation artistique fait apparaître les esquisses les plus originales, le rouleau d'acier poli fournit le raccord dans le sens de sa rotation, et la pression de ce rouleau sur un autre cylindre de cuivre, ou même sur une simple planche de cuivre recuit, produit sur cet autre métal, moins dur que lui, une empreinte qui permet le tirage indéfini, sur une étoffe, du dessin cristallin.

On ne saurait dire à quelle variété d'effets on pourra arriver avec le cylindre imprimeur de M. Kuhlmann, surtout lorsqu'on y appliquera le système des réserves. On appelle *réserves* ces espèces de configurations *négatives* qu'on ménage dans une première impression, et qu'on destine à recevoir ultérieurement soit une couleur autre que celle déjà imprimée, soit des motifs différents, comme forme, comme grandeur ou comme coloris, de ceux qui doivent constituer le soubassement dans l'impression totale.

J'ai eu, à ce sujet, une longue conversation avec un ancien teinturier-imprimeur très-capable de notre cité, homme de progrès et l'un des membres les plus dévoués de notre Société. Je voudrais avoir le temps de reproduire ici ses idées et ses explications techniques sur les ressources que présente le cylindre cristallin en tant qu'applicable aux combinaisons qui nécessitent des réserves. Notre intention, au surplus, est de nous livrer, M. Alex. Bonvallet et moi, à l'étude spéciale de cette intéressante question, et nous vous demanderons un jour la permission de vous communiquer les résultats que nous aurons pu obtenir. Le fait que je tenais à consigner ici pour le moment, c'est la solution, par M. Kuhlmann, du problème relatif au raccord des tableaux cristallins dans le sens longitudinal du tissu ou du papier sur lequel on veut en faire le tirage.

Mais ce problème, je l'ai dit plus haut, n'est pas le seul qu'on doive résoudre lorsqu'on veut surtout appliquer les tableaux cristallins à la fabrication des tissus façonnés ou brochés pour robes, pour gilets, châles, linge de table, damas, et autres étoffes qui nécessitent des raccords dans les deux sens.

Je sais très-bien que quand un tailleur ou une couturière coupent en plein drap, comme on dit, pour composer un vêtement avec une étoffe imprimée ou brochée, ils se préoccupent fort peu du raccord des effets aux lisières, et cela pour une bonne raison, c'est que ce rapport devient impossible dans des morceaux coupés en biais. Mais quand on exécute un dessin quelconque, grand ou petit, au moyen de la mécani-

que Jacquard, sur un tissu très-serré en compte de chaîne, le nombre limité des crochets de cette mécanique s'oppose à ce que le dessin soit continu d'une lisière à l'autre, comme sur le cylindre cristallin. Le métier donne un effet qui n'occupe en étendue latérale qu'une fraction de la largeur totale du tissu. On doit alors, pour simuler un dessin latéral *continu*, avoir recours aux combinaisons suivantes : Si l'étoffe a 3000 fils sur 120 centimètres de laize, et qu'on veuille, par raison d'économie, n'employer qu'une mécanique de 600 crochets, correspondant à 600 fils, il faut de toute nécessité composer le dessin sur 24 centimètres de base, lequel dessin se répétera cinq fois sur la laize, puisque, d'une part, cinq fois 600 fils donnent 3000 fils, et que, d'autre part, cinq fois 24 centimètres donnent la laize voulue de $1^{m},20$. Chaque crochet, devant être en correspondance avec un fil de chaîne de chaque répétition, au moyen d'une petite corde qu'on appelle *arcade*, il y aura cinq fils de chaîne mis simultanément en mouvement par le même crochet. Nous aurons alors cinq répétitions de 600 arcades pour faire évoluer les 3000 fils, et chaque répétition ou faisceau d'arcades occupera dans la tire une largeur égale à celle de l'esquisse, c'est-à-dire 24 centimètres. Il faut donc inévitablement que le dessin se raccorde dans le sens correspondant à la largeur de chaque répétition, et conséquemment à la largeur de l'étoffe, pour simuler un dessin continu d'une lisière à l'autre.

Le raccord, dans le sens de la longueur de la pièce, correspondant, pour la hauteur totale du dessin, au nombre des insertions de trame dans la chaîne, s'obtient par les cartons. Ces cartons forment un manchon continu composé d'un nombre de planchettes égal au nombre d'insertions de *duites* comprises dans le rapport-trame du dessin. Cela veut dire qu'il faut que le dessin se raccorde parfaitement aussi dans le sens de la longueur du tissu.

Il est donc essentiel, pour exécuter les articles façonnés ou brochés, que le dessin qui est disposé sur la machine Jacquard, et qui doit être traduit sur étoffe par les *pleins* et les *trous* des cartons, contienne les deux genres de raccord dont nous venons de parler.

Comment, à supposer que cela soit indispensable, obtenir ce double raccord dans les tableaux cristallins de M. Kuhlmann, ou plutôt comment, le rapport longitudinal étant déjà trouvé, obtenir le raccord dans le sens transversal? Il y a là une difficulté matérielle qui n'est peut-être pas insurmontable, mais que l'auteur n'a pas encore vaincue, que je sache du moins.

Mais, en admettant même qu'on ne puisse jamais parvenir à résoudre ce problème, serait-ce une raison pour faire fi de la découverte de M. Kuhlmann? Non, assurément. Les cristallisations artistiques, ne dussent-elles offrir aux dessinateurs en étoffes *façonnées* que des matériaux d'un style tout à fait nouveau, très-varié et fort original, devraient être considérées comme une bonne fortune pour l'industrie du tissage. Et d'ailleurs est-il, je le répète, bien nécessaire que les tableaux cristallins se raccordent *latéralement*, pour être utilisés dans la fabrication des tissus façonnés? La chose serait véritablement désirable si, comme pour l'impression, on pouvait appliquer ces cristallisations *directement* au tissage. Mais on sait qu'il n'en est point ainsi, et qu'il faut, pour rendre ces effets sur étoffe, au moyen de la Jacquard, avoir recours à une série d'opérations préalables dont voici les principales : la *mise en carte*, la *lecture* et le *perçage* des cartons. En un mot, toute esquisse doit être reproduite dans de très-grandes proportions sur un plan composé de rangées transversales et de rangées longitudinales de petits carreaux, les premières représentant les fils de chaîne, les secondes représentant les fils de trame.

Lorsqu'on demande à un compositeur industriel un dessin pour étoffe brochée, cet artiste se trouve en face de trois difficultés : il faut d'abord qu'il imagine ce dessin; puis il faut qu'il en fasse l'esquisse ou le plus souvent la simple pochade; enfin il faut qu'il en exécute la mise en carte, en grand, sur papier quadrillé. C'est, en procédant à cette dernière opération, qu'il doit surtout songer à établir les raccords aux limites du canevas qui sert de plan à l'ensemble de la composition. Cela veut dire qu'à l'esprit inventif du dessinateur, il doit joindre l'ingéniosité du *raccordeur*.

Savoir raccorder un dessin aux limites qui forment l'encadrement idéal du canevas sur lequel ce dessin est mis en carte, constitue un véritable talent chez les dessinateurs de fabrique chargés plus particulièrement de ce genre de travail.

Ces derniers doivent souvent, sur des croquis ne donnant que la substance d'une idée, sur de simples ébauches sans raccords, non-seulement faire valoir d'une façon élégante la pensée du compositeur, mais encore l'assouplir aux exigences des raccords.

Mais, si au lieu de ces informes compositions, de ces créations à peine définies, vous placez sous les yeux d'un dessinateur les images projetées sur un écran ou mieux encore, les photographies plus ou moins amplifiées des tableaux cristallins de M. Kuhlmann, photographies mettant, en raison même de l'agrandissement des détails, d'appr la richesse de ces compositions spontanées, pensez-vous que ce d nateur jettera toutes ces choses ravissantes dans le panier aux o inutiles par ce seul motif qu'il lui faudra rechercher des raccords l tudinaux ou transversaux, ou faire subir à ces matériaux quelque touches pour arriver au résultat désiré?

D'ailleurs ce n'est pas seulement à l'impression sur étoffes et au sage des façonnés que doivent profiter les travaux de M. Kuhlmann peinture sur porcelaine et sur faïence, par la vitrification d'oxydes talliques ou d'émaux pulvérisés, délayés dans les dissolutions et traînés par les molécules salines pendant l'acte de cristallisati l'ornementation pour orfévrerie; l'impression en taille-douce sur pap l'impression, pour billets de banque, de dessins dont la finesse défi burin le plus habile et dont la couleur rend impuissante la photog phie elle-même; l'application immédiate ou l'impression de ces des sur papier de décor; la gravure directe sur métaux; la gravure ég ment directe sur verre : toutes ces industries emprunteront égaleme et je devrais plutôt dire peuvent emprunter *dès aujourd'hui* aux p cédés de M. Kuhlmann des moyens de composition et d'exécuti tout à fait nouveaux et très-économiques.

L'industrie des façonnés, elle aussi, saura tôt ou tard, *n'en dout* pas, les exploiter à son tour. Pour cela, il faut que l'idée nouvelle fran chisse le seuil de la porte des artistes. Quand ces derniers se seron familiarisés avec les opérations chimiques, simples et peu dispendieu ses, dont quelques-unes ont été indiquées plus haut; quand, à l'aide d la lumière au gaz oxhydrogène de Drummond ou de la lumière au g ordinaire mélangé d'air et tamisé dans la lampe Bourbouze, les des nateurs pourront, sans avoir recours à la lumière électrique, si co teuse et si peu régulière, projeter à travers une simple lanterne mag que leurs tableaux cristallins sur écran; quand ils auront enso réuni dans de nombreux albums, soit les copies tracées au crayon, so les photographies plus ou moins agrandies de compositions cristallin engendrées par mille combinaisons salines ou mélanges de sels dive que je ne saurais énumérer ici ni prévoir pour l'avenir, chacun d'eu alors reconnaîtra, comme nous, que la découverte de notre collègue une importance réelle par la richesse des matériaux qu'elle leur aur fournis.

ÉD. GAND.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Académie des sciences, élection de M. Bouillaud.

L'Académie des sciences a procédé lundi dernier à l'élection d'un membre dans la section de médecine et chirurgie, en remplacement de M. Serres. La section proposait : en première ligne, M. Bouillaud, professeur à la Faculté de médecine de Paris; en deuxième ligne, *ex æquo* et par ordre alphabétique, M. Davaine et M. Vulpian, professeur à la Faculté de médecine; en troisième ligne, *ex æquo* et par ordre alphabétique, MM. Béhier et Tardieu, professeurs à la Faculté de médecine Dans la discussion des titres, l'Académie décide que le nom de M. Marey, professeur suppléant au collége de France, sera ajouté à la liste de la section. Au premier tour de scrutin, M. Bouillaud est élu par 38 voix contre 11 données à M. Davaine et 8 à M. Vulpian.

Muséum d'histoire naturelle.

ZOOLOGIE (Mammifères et Oiseaux) (mercredis et vendredis, à trois heures et demie; mardis, jeudis et samedis, à une heure). — M. MILNE EDWARDS (de l'Institut), professeur, a commencé ce cours mercredi dernier 3 juin.

La première partie se composera de leçons sur les principes généraux de la classification zoologique, sur l'application de ces principes à la distribution méthodique des Mammifères et sur l'histoire anatomique et physiologique de ces animaux. Ces leçons auront lieu les mercredis et vendredis, à trois heures et demie, dans la galerie de zoologie.

La seconde partie du cours consistera en conférences et démonstrations destinées à guider les étudiants dans les travaux pratiques, auxquels ils seront exercés dans le laboratoire du professeur. Ces conférences et travaux pratiques auront lieu les mardis, jeudis et samedis.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 28 — 13 JUIN 1868

RÉUNION ANNUELLE DES SOCIÉTÉS SAVANTES.

M. JOUAN.

Histoire naturelle de la basse Cochinchine et de l'île de Poulo-Condor.

I

Lorsqu'on jette les yeux sur une des excellentes cartes de la basse Cochinchine dues à nos ingénieux hydrographes, on n'aperçoit, au premier abord, qu'un réseau confus de cours d'eau plus ou moins volumineux, traversant en tous sens des terrains très-bas où l'on ne distingue quelque élévation que vers le nord et l'est.

On reconnait cependant tout de suite deux systèmes différents de fleuves : d'une part, le *Mékong*, *Cambodge* des Européens, *Song-long* (*rivière grande*) des Annamites, qui, après un cours de peut-être 3000 kilomètres, vient se perdre par plusieurs bouches plus ou moins obstruées, sur le côté oriental de notre possession. Le Mékong est navigable en tout temps, et à plus forte raison pendant ses immenses crues, jusqu'à une distance considérable de la mer. Vers le 13[e] degré de latitude, il est barré par des cataractes, mais il paraît que beaucoup plus haut (1), vers le 23[e] parallèle, dans la province chinoise de Yu-nan, il est encore navigable. Dans cette partie de son cours, il s'approche assez du Yang-tsé-kiang, la grande artère fluviale de la Chine, pour que l'on puisse espérer qu'un jour une facile communication par eau sera ouverte entre la Cochinchine et les provinces du centre et du nord de l'empire chinois.

D'autre part, le fond du golfe, entre les bouches du Mékong et le cap Saint-Jacques, est occupé par le delta du Dong-naï, qu'un grand nombre de canaux, les uns naturels, les autres à moitié artificiels, joignent au delta du Mékong. Ces *arroyos*, comme on appelle aujourd'hui ces cours d'eau, du nom qui leur a été imposé par nos alliés espagnols lors de la conquête, sont soumis à l'influence des marées qui se font sentir à une grande distance de la mer, les eaux salées faisant irruption dans les uns, ou refoulant simplement les eaux douces dans les autres. Les arroyos ayant deux embouchures, il arrive très-souvent que le *flot* entre par les deux bouts et accumule les vases au milieu, de sorte que la profondeur y est moindre qu'aux extrémités; quand la mer commence à baisser, le courant du jusant s'écoule à la fois des deux côtés du *dos d'âne*. Souvent ces canaux sont dus au travail de l'homme. Les Annamites excellent dans ces sortes d'ouvrages, et en général pour remuer la terre. Sous l'administration de leurs mandarins, ils avaient creusé un canal, long au moins de vingt lieues, qui va de Chodoc, sur le Mékong, à Hatien, dans le golfe de Siam. Une suite de cours d'eau, rivières, arroyos, etc., permet aux grandes barques d'aller de Saïgon à Chodoc. C'est la voie que prend presque tout le commerce. Le voyage est environ de soixante lieues, avec les détours auxquels force le cours des rivières. Une grande quantité de bateaux circulent dans les arroyos. Tous les voyages, tous les transports se font par eau, au moyen de ces *chemins qui marchent* alternativement dans les deux sens, grâce aux marées.

Les principales artères fluviales de notre colonie sont, en allant de l'est à l'ouest, le Dong-naï (ou Donnaï), la rivière de Saïgon, le Vaïco oriental, le Vaïco occidental, et le Mékong ou Cambodge. Un coup d'œil sur la carte montrera leurs positions respectives, et comment tous ces cours d'eau, sauf le Mékong, viennent se réunir dans un vaste estuaire qui se divise lui-même en plusieurs branches, pour se jeter à la mer.

Les marées, a-t-il été dit plus haut, se font sentir à une grande distance. A Tay-ninh, sur le Vaïco oriental, point qui est à 150 kilomètres de la mer, on en ressent pleinement les effets; à cette hauteur, le courant ne change pas de direction, mais les eaux se gonflent pendant le temps du flot.

Les bords du Dong-naï, dans son cours supérieur, très-peu connu encore, sont dominés par de petites collines au travers desquelles il passe en formant des cataractes. Les roches de ces rapides appartiennent aux roches sédimentaires argileuses. On avait pensé que ces roches stratifiées, très-feuilletées à leur surface, pourraient donner des ardoises pour toitures, mais la cassure démontre qu'elles sont impropres à cet usage, les feuillets se trouvant trop contournés.

A partir de *Bien-hoa*, le Dong-naï s'élargit, mais, en aval de cette place forte, son lit contient des rochers qui ne laissent entre eux et la rive droite qu'une passe très-étroite. Ce banc, un pareil dans le bras de rivière que les navires suivent pour remonter à Saïgon, un troisième, plus petit, dans le haut de la rivière de Saïgon, sont les seuls obstacles de ce genre que rencontre la navigation intérieure de la basse Cochinchine. L'importance du banc de Bien-hoa avait été, sans doute, beaucoup augmentée au moyen de blocs de pierre coulés par les Annamites, dans le système de défense desquels les barrages jouaient un très-grand rôle.

Le Dong-naï reçoit, sur sa rive droite, la rivière de Saïgon, à peu près à dix milles dans le sud de cette ville. Cet affluent a, comme le Dong-naï, sa source dans le royaume de Cam-

(1) Depuis près d'un an, une commission scientifique partie de Saïgon a pour mission d'explorer le cours du Mékong. Elle vient de donner de ses nouvelles.

bodge. Il est assez profond pour qu'à Saïgon, presque à vingt lieues de la pleine mer, un vaisseau de ligne flotte, à marée basse, à quelques mètres de la rive, et assez large pour que les plus grands navires puissent tourner facilement, affourchés sur leurs ancres. Des frégates ont pu remonter à 80 kilomètres au delà de Saïgon.

Les autres grands cours d'eau que j'ai cités ne sont pas moins profonds. Ainsi à Tay-ninh, sur le Vaïco oriental, à 150 kilomètres de la mer, on trouve encore 13 mètres de profondeur. Je ne crois pas qu'il y ait au monde de contrée plus favorisée, sous le rapport de la navigation fluviale, que la basse Cochinchine.

Les sources de ces cours d'eau sont, à vrai dire, inconnues. Les deux Vaïco, qui traversent des terrains très-bas, noyés, présentent ce phénomène qu'ils n'ont pas de source, à proprement parler. Leur cours supérieur se termine par un épanouissement, une digitation d'arroyos qui se perdent dans les plaines. Leur puissant volume, leur courant rapide, ne peuvent être attribués qu'au drainage continu qui a lieu dans les plaines inondées pendant les sept ou huit mois que durent les pluies, et par les débordements du Mékong.

La Cochinchine française est, en grande partie, une vaste plaine d'alluvions récentes, bornée au nord et à l'est par quelques collines, sentinelles avancées des montagnes de la haute Cochinchine et du royaume de Cambodge. Cette plaine, dont le milieu est par 10 degrés et demi de latitude nord et 103 degrés de longitude est, s'incline tout doucement vers le sud, à peine plissée par quelques ondulations. La partie méridionale, récemment annexée à nos possessions, est à peine élevée au-dessus du niveau des hautes mers. La province de Mi-tho est presque aussi basse, surtout dans sa partie sud-est, le cercle de Go-cong. Ce district est néanmoins très-fertile, grâce aux pluies abondantes qu'il reçoit; mais les puits que l'on y creuse ne donnent que de l'eau saumâtre.

Le *Phuoc-loc*, canton compris entre le Vaïco et le haut du cours du Soirap, est aussi très-bas, et justifie par son admirable fertilité son nom, qui signifie la *bonne fortune*.

Les grands espaces compris entre les deux Vaïco et dans l'ouest du Vaïco occidental, ne sont qu'une suite de marais connus sous le nom de *Plaine des joncs*, où l'on ne peut, pour ainsi dire, ni marcher ni aller en bateau.

Quand on rencontre le Vaïco oriental, on voit, aux approches de Tay-ninh, le terrain se relever et ses ondulations devenir plus sensibles. A quelques kilomètres plus au nord, apparaissent les deux sommets boisés de *Dien-ba*, montagne granitique de 800 mètres d'altitude, qui ne se rattache à aucun système voisin.

Le delta du Dong-naï est aussi très-bas. Ce n'est qu'à Saïgon, sur le côté droit de la rivière où est la ville, que le terrain commence, à 400 mètres de la berge, à s'élever par une pente douce à une hauteur de 10 à 12 mètres, où il forme un plateau sur lequel est la citadelle. Le sol est une épaisse couche d'argile grise dont on fait des briques, et sous laquelle on trouve des filons d'une roche d'agrégation ferrugineuse, connue par les Annamites sous le nom de *da-ong* ou *pierre d'abeille*, parce qu'elle est percée de trous qui lui donnent assez de ressemblance avec du miel en rayons; les colons l'appellent *pierre de Bien-hoa*, parce qu'elle est très-commune dans la province de ce nom. Cette roche est très-utile, c'est la seule pierre facile à travailler qu'il y ait dans le pays; aussi est-elle employée dans toutes les constructions.

A sept ou huit lieues au delà de Saïgon, en amont, à *Ti-diau-mot*, le terrain est plus élevé. Une suite de petites c... lines et de coteaux s'étend à l'est, vers Bien-hoa. La mê... roche ferrugineuse se retrouve partout dans ce canton.

Les collines que l'on aperçoit derrière Bien-hoa paraiss... être granitiques. Elles projettent vers le fleuve de petits m... melons arrondis, nus, qui sont composés d'un granit verdât... très-dur.

Nous n'avons vu que de loin les hauteurs voisines de Bari... dont l'altitude varie entre 336 et 493 mètres; celles du c... *Mui-thui-vian* (1) (300 mètres) et celles de *Nui-neuah* (180 mè... tres); mais tout porte à croire qu'elles sont également gran... tiques, à en juger par leur aspect et par un gros amas d... rochers isolés au milieu de la plaine, sur le chemin du ca... Mui-thui-vian à Baria.

Le cap Saint-Jacques, la première terre élevée que l'on aperçoive sur la côte de Cochinchine en venant de l'*ouest*, se compose de trois petits massifs boisés, dont l'altitude (en allant du nord au sud) est de 239, 250 et 189 mètres, et qui tombent à la mer par des pentes assez roides. Une série d'arroyos fait une île de ce cap, dont le côté occidental est échancré par une jolie baie, avec une plage couverte de cocotiers au fond. Un chemin a été pratiqué à mi-côte, à partir de cette anse, pour aller au phare bâti sur l'extrémité du promontoire. Une carrière de granit gris, très-dur, est en exploitation près de l'endroit où commence le chemin; à côté, il y a de la terre blanche qui m'a paru être du kaolin. Le même granit gris se retrouve sur le flanc ouest de la montagne; mais en approchant de la dépression qui sépare les deux derniers mamelons, on voit des roches stratifiées dont les couches, inclinées de 45 degrés environ, ont été redressées dans la direction du sud au nord. On trouve là des schistes et des porphyres (2).

On peut dire que le climat de la basse Cochinchine est essentiellement chaud et humide. Quelle que soit l'époque de l'année, la chaleur est très-forte, et pendant la saison sèche un soleil de feu embrase l'atmosphère et interdit tout travail extérieur aux Européens dans le milieu du jour. L'année est inégalement partagée en deux saisons. Pendant quatre mois, de décembre à la fin d'avril, il ne tombe pas une goutte de pluie. Ce dernier mois est surtout désagréable à cause de la grande quantité d'électricité répandue dans l'air. Alors, dans l'après-midi, on voit se former de tous côtés des orages qui ne crèvent pas. Les mois de décembre et de janvier sont les moins chauds; relativement, ils sont frais. En janvier, on éprouve quelquefois le besoin le matin de ramener sa couverture sur soi. Mai, juillet, août et septembre composent la véritable saison des pluies. A cette époque, les matinées sont

(1) Cap *Tiwane* des cartes.

(2) J'ai décrit ailleurs la petite île de Poulo-Condor, située à environ vingt lieues des embouchures du Cambodge. Le relief de cette île, longue de 18 kilomètres environ du sud-ouest au nord-est, est montueux et tourmenté. Les plus hauts sommets ont peut-être 600 mètres d'altitude. Les montagnes et les collines occupent environ les quatre cinquièmes de la superficie totale, et sont couvertes de bois, de grands arbres, qui s'élèvent au milieu d'un fouillis inextricable d'arbustes, de lianes et de plantes parasites. Il n'y a pas de cours d'eau permanent, mais seulement des torrents dans la saison des pluies, et quelques marais dans les bas-fonds, unis à la mer par des canaux dont l'eau est saumâtre. On trouve facilement de l'eau potable en creusant à un mètre de profondeur.

Les productions de l'île sont, à peu de chose près, les mêmes que celles de la basse Cochinchine.

et assez fraîches. Vers onze heures, ordinairement, un gros grain se forme dans le sud, puis éclate, quelquefois avec une furie incroyable. C'est alors un déluge à changer les chemins en rivières (1). La pluie continue pendant la journée et cesse ordinairement au coucher du soleil, pour reprendre dans la nuit, avec accompagnement d'éclairs et de coups de tonnerre effrayants.

II

Au siècle dernier, un missionnaire portugais, Jean de Loureiro, après un séjour de trente-six ans en Cochinchine et dans le sud de la Chine, a composé une Flore cochinchinoise, publiée à Lisbonne en 1790. Une nouvelle édition a paru depuis, enrichie de notes par Willdenow. Depuis quelques années, un botaniste sérieux, M. Thorel (2), médecin de la marine, s'est occupé avec ardeur de la botanique cochinchinoise. A la fin de 1865, M. Thorel avait déjà plus que doublé le nombre des 1200 espèces signalées par Loureiro, et il n'avait pas encore visité certaines parties du pays dont l'aspect et la conformation géologique permettent de supposer la végétation différente. A ces recherches il faut joindre celles de M. Pierre, conservateur du jardin botanique. Nul doute que, grâce à ces deux naturalistes, la flore de Cochinchine ne soit *bientôt* connue d'une manière beaucoup plus complète que par le livre de Loureiro, où l'on a relevé beaucoup d'erreurs.

Pendant la saison sèche, de décembre à la fin d'avril, la végétation est, pour ainsi dire, arrêtée; les arbres paraissent languissants; les grandes plaines, dénudées, n'offrent aux regards qu'une suite de savanes jaunâtres. Mais aux premières pluies tout change : la terre se couvre subitement d'un tapis d'herbe verte, le feuillage des arbres se ravive, le pays perd son air désolé. Cependant il faut convenir que, toute plantureuse qu'elle est, la végétation de la basse Cochinchine, en général, ne *répond pas* à l'idée que l'on se fait de la végétation tropicale. On est loin des tableaux que présentent certaines contrées de la zone torride, le Brésil, les Antilles, les îles de l'Océanie, etc. Les grands Palmiers, les Fougères arborescentes, les plantes herbacées aux immenses feuilles, les grands végétaux parasites, qui donnent un cachet tout particulier à ces contrées, ne se trouvent pas ici en aussi grand nombre que dans ces régions. L'horizontalité du sol, l'absence de grandes lignes de montagnes, ne sont pas non plus favorables au paysage. Dans les plaines basses, souvent inondées d'eau saumâtre, qui composent une grande partie du territoire, la végétation est pauvre en espèces; mais disons tout de suite que ces plaines, si tristes à la vue, sont les plus productives en riz, qu'elles sont la Beauce de l'extrême Orient.

Quand on remonte le réseau de fleuves qui conduit à Saïgon, on suit des rives bordées d'un rideau uniforme de Palétuviers des genres Bruguière et Rhizophore, qui ne sont, le plus souvent, ici que des arbustes. Rien de plus monotone; presque tous les cours d'eau montrent la même uniformité sur leurs bords; souvent, sur les arroyos, le Palmier d'eau ou une plante épineuse, l'Acanthe à feuilles de houx, remplacent les Palétuviers.

(1) Ces grains ne se lèvent quelquefois qu'au moment de la marée montante.

(2) M. Thorel fait en ce moment partie de la commission d'exploration du Mékong.

A l'approche de Saïgon, le pays change heureusement d'aspect; mais les arbres *en boule* donnent au paysage une apparence qui rappelle plutôt les zones tempérées que le voisinage de l'équateur. Les Cocotiers sont rares et généralement de petite taille; les Aréquiers sont beaucoup plus communs. Ces arbres gracieux forment de véritables bois autour des cases, et, le matin, les suaves émanations de leurs fleurs sont un heureux correctif aux âcres odeurs qui s'exhalent des centres de population annamite. Les environs de la ville actuelle de Saïgon étaient occupés par des jardins ; mais la guerre a passé par là, et les plaies qu'elle a faites ne sont pas encore cicatrisées. On suit partout les traces des clôtures faites avec un grand Euphorbe (*Euphorbia antiquorum*), ou de haies impénétrables de Bambous, dont les touffes s'élèvent comme de grands arbres. Des Orangers, des Citronniers, des Pamplemousses, des Pommes-cannelle et d'autres arbres fruitiers, témoignent que ces lieux étaient habités par une population industrieuse et riche. Les Annamites aiment la campagne et ont le goût des fleurs. Devant les cabanes les plus misérables, il est rare qu'il n'y ait pas un petit jardin où les plantes d'ornement tiennent une bonne place. Heureusement que la guerre n'a pas détruit tous les grands arbres qui ombrageaient les jardins, et qu'on en trouve encore presque partout de beaux échantillons : des Tamariniers, les plus beaux peut-être du monde; des Manguiers magnifiques, des Jaquiers; de grands Figuiers, dont les différentes espèces se confondent sous le nom d'arbres des Banians, et dont quelques-uns sont remarquables par leurs racines aériennes, qui, partant des branches, regagnent le sol, s'y fixent et donnent naissance à de nouveaux arbres. Ainsi que je l'ai dit plus haut, il est fâcheux que le terrain soit aussi plat; s'il était un peu accidenté, cette riche végétation se présenterait sous un aspect plus avantageux. Le défaut des environs de Saïgon, c'est l'uniformité. L'appréciation est différente lorsqu'on examine de près les détails de la campagne; il y en a de charmants. Les bords de l'arroyo de la Poste, les environs de Tay-ninh, et, plus près de Saïgon, les petits sentiers de Cho-quan, par exemple, et les chemins ombreux du Goviap, ne dépareraient pas les campagnes les plus favorisées.

Ces deux cantons approvisionnent le marché de Saïgon en légumes et en fruits, parmi lesquels il faut citer de très-bonnes mangues, d'excellentes bananes, et le mangoustan, le plus joli, sinon le meilleur de tous les fruits. L'arbre qui le donne (*Garcinia mangostana*) doit être introduit depuis peu en Cochinchine : Loureiro ne le cite pas (1). Les principales cultures sont : le Tabac, en général mal préparé ; les Arachides; le Mûrier, pour nourrir les vers à soie; un peu de Thé; le Bétel, dont les tiges sarmenteuses grimpent le long des jeunes Aréquiers ou d'échalas disposés à cet effet. Tout le monde connaît l'usage de la feuille de Bétel jointe à la noix d'Arec et à un peu de chaux, et la mastication dégoûtante de cette espèce de chique, qui détruit les dents, corrode les lèvres, déforme la bouche et la remplit continuellement d'une salive couleur de sang. Cette préparation est, dit-on, stomachique et antidysentérique. Mâchée seule, la feuille du Bétel a une saveur tonique et stimulante qui n'est pas désagréable. Hommes et femmes en font une immense consommation; aussi, malgré la modicité du prix des feuilles, cette

(1) Il n'est pas cité non plus dans le *Voyage de Crawfurd et Finlayson en* 1822.

culture est-elle une des plus productives, mais elle demande un bon terrain et des soins.

La grande culture est celle du Riz, ce blé de l'Orient. Une variété (*Oryza glutinosa*, Lour.) fournit une liqueur alcoolique.

La Canne à sucre n'est cultivée que sur une petite échelle, et les procédés de manipulation des Annamites sont encore trop inférieurs pour que leur sucre puisse soutenir la concurrence de celui des colonies voisines.

Dans le haut de la rivière de Saïgon, le terrain devient plus montueux et plus accidenté. Il en est de même, avons-nous dit, de Tay-ninh. Dans ces cantons, la végétation *sauvage* est beaucoup plus riche. C'est par là que commencent les grandes forêts, qui sont une des richesses de la colonie.

Le fond de la végétation de ces forêts est constitué par de grands arbres appartenant à la belle famille des *Diptérocarpées :* ils fournissent presque à eux seuls les bois employés actuellement dans les diverses constructions. Toutes les essences ou huiles de bois, et les diverses résines dont on se sert en Cochinchine, sont fournies par des sujets de cette famille, les *Diau*. Les plus gros et les plus grands arbres en font partie. Il n'est pas rare d'en trouver ayant des troncs de plus de cent pieds de hauteur, toujours droits sous branches, et d'une grosseur proportionnée. L'huile est recueillie tout simplement en faisant un trou dans le tronc, par où elle s'écoule en suintant lentement. La durée de l'écoulement a lieu pendant six mois par année, et l'on peut répéter cette opération pendant huit ou dix ans, sans qu'elle nuise d'une façon appréciable au développement des arbres (1).

Loureiro ne signale qu'une espèce d'arbre à huile, qu'il appelle *Pimelea oleosa*. M. Thorel en compte trois. Ces huiles et ces résines sont employées par les Annamites pour préserver les bois entrant dans la construction des maisons, des ravages des fourmis blanches, et les carènes de leurs bateaux de la piqûre des tarets.

A la famille des Diptérocarpées appartient le *Sao* (genre *Vateria*), que, sur la foi de Loureiro, on avait pris pour le Teck, dont il diffère notablement pour le port, le feuillage et la qualité du bois, inférieur au Teck, mais néanmoins bien supérieur aux diverses qualités de *Diau*, ou arbres à huile. Jusqu'à présent le Teck n'a pas été rencontré dans la colonie.

Passons rapidement en revue les divers végétaux qui frappent les regards, je ne dirai pas d'un botaniste, mais du promeneur le plus indifférent.

Les côtes sont pauvres en plantes marines : Loureiro n'en signale que cinq ou six. Pour ma part, je n'ai récolté que deux espèces de *Sargassum*.

Les Champignons sont nombreux, et il y en a peu de dangereux. Beaucoup sont comestibles. Un des meilleurs est l'*Agaricus fimetarius*, Lour., qui vient sur la fiente des buffles après les premières pluies.

Cryptogames, Lichens et Mousses. — Rares. Plusieurs espèces de Fougères qu'on voit dans les îles du Pacifique, entre autres un grand *Asplenium* dans tous les marais. Jusqu'à présent on n'a pas trouvé de Fougères arborescentes.

Graminées. — Dès que les pluies commencent, la terre se couvre de Graminées, dont une (un *Paspalum?*), aux aigrettes blanches et soyeuses, donne un assez bon fourrage.

J'ai parlé du Bambou, qui atteint des dimensions extraordinaires. Citons, dans les endroits humides, le *Coïx lacryma*, des Joncs, des Souchets, des Scirpes, etc.

Aroïdées. — L'*Arum macrorhizon*, l'*A. colocasia*, l'*A. esculentum*. Ces deux derniers sont quelque peu cultivés.

Pandanées. — Plusieurs espèces de Pandanées. A cette famille se rattache le *Nipa fruticans*, Palmier d'eau, très-commun, employé pour faire les toitures et même les parois des habitations.

Une Cycadée peu répandue, *Cycas inermis*, Lour.

Palmiers. — Parmi les Palmiers, les plus répandus sont les Aréquiers (*Areca catechu*, L.). Leurs noix sont l'objet d'un très-grand commerce. Chaque pied rapporte en moyenne 1 franc par an, et peut donner des fruits pendant vingt-cinq ans. Or, il faut peu d'espace pour 5000 ou 6000 pieds de ces arbres.

L'*Areca sylvestris*, L., est beaucoup moins répandu.

Les Cocotiers sont beaucoup moins communs qu'ils pourraient et qu'ils devraient l'être. Deux autres petits Palmiers, *Caryota mitis* et *Phœnix pusilla*.

Dioscorées. — Cinq ou six espèces d'Ignames, dont une, *Dioscorea alata*, est cultivée.

Liliacées. — L'Ail, les Oignons, les Ciboules, les Échalotes, etc., sont en grand honneur dans la cuisine annamite, et par conséquent sont cultivés.

Broméliacées. — Les Ananas sont communs, de bonne qualité.

Cannées. — Le Balisier est cultivé comme plante d'ornement. Dans les jardins abandonnés des environs de Saïgon, on retrouve encore quelques pieds de Gingembre et de Galanga (*Amomum galanga*), belle plante employée comme condiment (la racine) et comme remède (les graines).

Orchidées, Aristoloches. — C'est dans les forêts qu'on trouve quelques belles Orchidées et un beau Népenthès (*Phyllamphora mirabilis*, Lour.).

Jasminées, Labiées, Solanées. — Les Jasminées, les Labiées et les Solanées ont de nombreux représentants : plusieurs espèces de Jasmins, de Menthes, d'*Origanum*, de Mélisses, de Basilics ; le Tabac ; le Datura (*Datura metel*, Lour.), qu'on cultive dans tous les jardins pour ses belles fleurs blanches ; plusieurs Physalis, les Tomates, les Aubergines, les Piments, etc.

Bignoniacées. — *Sesamum orientale*, Lour.

Convolvulacées. — Parmi une grande quantité de Liserons, on trouve la Patate à Durand (*Ipomœa pes Capræ*), qu'on rencontre sur toutes les plages tropicales du monde ; la Patate douce, le *Convolvulus canariensis*, etc.

Apocynées. — Outre une Pervenche (*Vinca rosea*) et le Laurier-rose, Loureiro signale l'*Apocynum juventas*, dont la racine serait considérée par les médecins annamites comme produisant sur les vieillards l'effet de la fontaine de Jouvence. Au bord de l'eau, on rencontre souvent un *Cerbera*, qui, à première vue, ressemble tout à fait au Tanghin de Madagascar ; mais le noyau de celui de Cochinchine (*C. salutaris*) est tout à fait inoffensif.

Rubiacées. — Parmi les Rubiacées, on compte ici plusieurs *Galium*, des *Gardenia*, cinq *Ixora*, dont un, à fleurs blanches, est très-commun ; le *Morinda umbellata*, et le *M. citrifolia*. Le *Café* n'a jamais été cultivé sérieusement en Cochinchine.

(1) M. Thorel a publié, dans le *Courrier de Saïgon*, numéros du 17 juillet et du 17 septembre 1864, un saisissant tableau des forêts de la basse Cochinchine.

GUTTIFÈRES. — L'arbre que Loureiro appelle *Balsamaria inophylla*, et les Annamites *Mou-ou*, ne me paraît différer en rien du *Calophyllum inophyllum*, si commun dans la zone équatoriale; mais je n'ai vu nulle part, en Cochinchine, d'individus comparables, pour leurs dimensions, à ceux de l'Océanie. Les Annamites utilisent la résine que laisse suinter l'écorce, et extraient du fruit une huile excellente pour la conservation des bois.

MALVACÉES. — Mon étonnement a été grand de ne pas trouver ici l'*Hibiscus tiliaceus*, si répandu entre les tropiques, et l'*H. populneus*, qui l'accompagne ordinairement, bien que moins commun. M. Thorel n'avait jamais rencontré l'*H. tiliaceus* en Cochinchine. Je crois pourtant en avoir reconnu de loin quelques individus rabougris, le long des arroyos. Il en existe un assez beau dans l'arsenal de Saïgon.

L'*Urena lobata* et le *Sida rhomboidea* envahissent tout aux environs. On a essayé de faire des cordes avec les tiges de cette dernière plante; mais le chanvre qu'elles fournissent est trop cassant, et, malgré la supériorité de notre fabrication, on n'est arrivé qu'à un résultat peu satisfaisant.

Les Annamites cultivent en petite quantité une espèce de Cotonnier, le *Gossypium herbaceum*.

Le Jute (*Corchorus capsularis*, Lour.), plante textile, utilisable surtout dans la fabrication des toiles.

MYRTACÉES. — Les Goyaviers sont peu répandus heureusement, car cet arbrisseau est une calamité pour les pays qu'il envahit. Plusieurs *Eugenia*, *E. jambos*, *E. malaccensis*, etc., dont la synonymie est très-confuse, et dont quelques-uns sont de grands arbres.

LÉGUMINEUSES. — Les Légumineuses sont, comme partout entre les tropiques, largement représentées :

Mimosa. Une douzaine d'arbres et arbrisseaux.

Tamarindus indica. Les Tamariniers sont très-communs et les plus beaux qu'on puisse voir. Un jour, ceux que l'administration a fait planter dans les rues et sur les quais de Saïgon feront de ces lieux les plus belles promenades du monde.

Poinciana pulcherrima, *P. elata*. *Cœsalpinia sappan*, très-commun.

Arachis hypogœa, cultivé.

Indigofera tinctoria, spontané et cultivé. Cinq ou six espèces de Haricots excellents.

Clitoria ternatea, très-commun.

Erythrina indica, etc.

Agati grandiflora, importé. La rapidité avec laquelle pousse cet arbre a fait qu'on en a planté beaucoup à Saïgon.

Beaucoup d'autres Légumineuses, même de grands arbres, me sont inconnues.

C'est à cette famille qu'appartient le *Go*, dont le bois, d'abord blanc, devient noir, et fournit les grandes tables qu'on voit dans les cases annamites, et le *Cam-xé* ou *Trac*, avec lequel on fait les poteaux et les colonnes des maisons.

TÉRÉBINTHACÉES. — Parmi les Térébinthacées, l'*Anacardium occidentale*, *faux Acajou*, commun autour de Saïgon.

Mangifera indica. Les Manguiers sont très-répandus, et quelques-uns sont des arbres magnifiques.

Averrhoa carambola, *A. bilembi*.

EUPHORBIACÉES. — J'ai parlé de l'*Euphorbia antiquorum*, partout employé pour faire d'impénétrables clôtures : il faut y joindre trois ou quatre autres espèces.

Deux variétés de Ricin, à tige rouge et à tige verte. Quelques plants de Manioc dans les jardins. Plusieurs espèces de Croton : *C. tiglium*, *C. moluccanum*, *C. lacciferum*, etc.

CUCURBITACÉES. — On cultive des Giraumons, des Citrouilles, etc. Le Papayer (*Carica papaya*) ne se trouve ici que cultivé; il est peu répandu, comparativement à ce qu'on voit ailleurs.

URTICÉES. — Le genre *Ficus* est largement représenté par les grands arbres dont j'ai parlé : *Ficus religiosa*, *bengalensis*, *indica*, *benjamina*, *prolixa*, etc., et quelques autres espèces plus petites.

Le Jaquier (*Artocarpus integrifolia*, *Polyphema jaca*, Lour.) est très-commun à Saïgon.

Morus indica. — *Urtica nivea*, Ortie de Chine, plante textile.

CUPULIFÈRES. — Trois ou quatre espèces de Chênes de petite taille.

CONIFÈRES. — *Casuarina equisetifolia*. Importé sans doute depuis peu, car Loureiro ne le cite pas. Encore peu répandu.

Dans les montagnes de la Cochinchine, on rencontre des Pins que Loureiro rapporte à l'espèce *Pinus sylvestris;* mais je crois qu'il fait erreur, si ces arbres sont les mêmes que ceux qu'on voit à la pagode royale de Bien-hoa, qui ont été apportés là de loin, et qui se rattachent à l'espèce *Pinus sinensis*.

Telle est à peu près, en y joignant un grand nombre de Composées, de Radiées, de Crucifères, etc., la masse des végétaux qui frappent les regards du voyageur débarquant dans la Cochinchine française. L'énumération qui précède n'est qu'une esquisse — et à grands traits encore — de la flore cochinchinoise; mais elle suffit, il me semble, pour donner une idée de son caractère. On voit qu'il y manque, ainsi qu'il a été déjà dit, beaucoup d'espèces dont la présence lui donnerait un cachet plus tropical. Le majestueux Arbre à pain de l'Océanie n'y existe pas, l'*Inocarpus edulis*, le *Spondia cytherea* non plus, ni le Bancoulier (*Aleurites triloba*), qui forment des forêts dans les îles du Pacifique et de la Malaisie. L'Avocatier (*Laurus Persea*) manque aux jardins. Les Palmiers ne sont représentés que par un petit nombre d'espèces, parmi lesquelles deux seulement attirent les regards par leur taille. Cependant, malgré tout ce qui y manque, la Cochinchine française doit être considérée comme une des régions botaniques les plus riches du globe.

III

Essayons maintenant de faire à grands traits le tableau du Règne animal dans notre colonie.

Commençons par les animaux domestiques. Les Annamites sont un peuple de cultivateurs : aussi trouve-t-on chez eux les animaux qui aident l'homme aux travaux des champs. Ici ce n'est pas le Bœuf qui est son principal auxiliaire, mais le Buffle. Les Bœufs sont trop petits et d'une race trop faible pour le labourage des rizières; ils ne sont guère employés que pour les transports ou les charrois. On les attelle à de légers chariots qu'ils traînent, au trot et au galop, avec une rapidité surprenante. Ces Bœufs appartiennent à la variété des Zébus, ou Bœufs à bosse. Leur pelage est ordinairement rouge brun ou gris; leurs cornes, de moyenne longueur, sont dirigées en haut, peu écartées, presque droites. Ils sont bien pris dans leur petite taille, et, quand ils sont reposés et con-

venablement nourris, ils fournissent proportionnellement un bon poids de viande assez savoureuse.

Malheureusement, le nombre des Bœufs est bien petit dans nos provinces. Une des questions les plus sérieuses qui occupent le Comité agricole et industriel de Saïgon, c'est la reproduction de ce bétail, que notre présence tend à faire rapidement disparaître, si l'on n'y prend garde. Les Annamites, qui ne mangent ni la chair du Buffle ni celle du Bœuf, et pour lesquels le lait est presque un objet d'horreur, regardent cette décroissance d'un œil tout à fait indifférent.

Dans les forêts qui s'étendent à nos frontières, on rencontre des Bœufs sauvages au pelage noir, aux cornes écartées, et sans bosse.

Le véritable auxiliaire du laboureur annamite, c'est le Buffle : sans lui, pas d'agriculture en basse Cochinchine. Ce vigoureux animal est seul capable de labourer les rizières, et encore faut-il éviter de le faire travailler au grand soleil. Le plus souvent il passe ce temps-là dans l'eau vaseuse, ne laissant voir que ses yeux et ses naseaux.

Les guerres de la conquête ont détruit beaucoup de Buffles. Bien que domestiqués depuis longtemps, ces animaux sont toujours farouches, surtout quand ils voient des choses auxquelles ils ne sont pas accoutumés. Dans les endroits qui ne sont pas fréquentés par les Européens, il est dangereux pour ces derniers de passer auprès d'un troupeau.

Les Chevaux annamites sont des poneys, ordinairement de robe alezan brûlé, extrêmement petits, mal faits, ayant une tête disproportionnée, mais très-résistants et très-rapides quand ils sont montés par des cavaliers en rapport avec leur petite taille. Notre occupation a importé des poneys de Manille, assez jolis et pleins de feu, et des chevaux d'Égypte dont on s'occupe, avec beaucoup de succès, de propager la race.

La chair de Porc est à peu près la seule que mangent les indigènes et les émigrants chinois. Les Cochons sont très-communs; ils appartiennent à la variété dite *Tonquin*. Leur couleur est presque toujours noire, leur groin très-obtus, leur corps allongé; leur dos est très-déprimé, et leur ventre traîne presque à terre.

Le sol humide de la basse Cochinchine ne permet d'y conserver les Moutons importés qu'avec beaucoup de peine.

Les villages annamites sont pleins de Chiens, affreux roquets aux oreilles droites, au pelage galeux, ne manquant jamais d'aboyer furieusement après les Européens.

Les Chats sont aussi très-nombreux; presque tous ont la queue cassée et contournée sur elle-même : ce défaut se perpétue de génération en génération. On retrouve cette particularité de la queue cassée, recoquillée ou simplement écourtée, chez les chats de Siam, de la Chine et du Japon.

Malgré le grand nombre des chats, les Rats sont très-communs. Il y a un autre rongeur, vulgairement appelé *Rat musqué*, qui est très-incommode, à cause de l'odeur qu'il laisse après lui : c'est au point que du vin contenu dans des bouteilles non cachetées, sur les bouchons desquelles cette bête n'a fait que passer, prend un tel goût, qu'il n'est plus potable.

Les oiseaux de basse-cour sont les Poules et les Canards. Le pays, à demi inondé comme il l'est, est très-favorable à ces derniers. Les Poules sont semblables à nos Poules domestiques, et beaucoup plus communes que la variété dite *cochinchinoise*.

ANIMAUX SAUVAGES. — MAMMIFÈRES.

Primates. — Quand on remonte les fleuves, on a souvei le matin surtout, le spectacle des gambades des Singes, q prennent leurs ébats dans les grands arbres des rives.

Carnassiers. — De grandes Roussettes (*Pteropus edulis*) so assez communes. Une espèce d'Ours habite les montagn voisines de nos frontières. Le *Paradoxure* de l'Inde est cor mun.

Le carnassier le plus redouté, c'est le *Tigre royal*. Les ind gènes ont pour *monsieur le Tigre*, *Uong-Kop*, comme ils l'a pellent, une terreur presque superstitieuse, que ne justifie que trop les ravages qu'il fait parmi les hommes et les be tiaux. On rencontre des Tigres dans toutes les parties de l basse Cochinchine indifféremment, et, s'ils s'éloignent de grands centres de population, ils fréquentent souvent les environs des postes détachés et les villages annamites. La plupart de ceux-ci sont entourés de hautes palissades pour se garantir des visites nocturnes de ces dangereux voisins. Le jour, ils se tiennent cachés dans les fourrés; ce n'est guère que la nuit qu'ils attaquent les hommes et les bestiaux, et encore n'attaquent-ils jamais l'homme en face, mais par derrière et par surprise, sautant sur le cou de leur victime et lui brisant le crâne entre leurs robustes mâchoires. Dans beaucoup de lieux, il est très-dangereux de sortir le soir sans une torche ardente, le feu inspirant, comme on sait, aux animaux sauvages une crainte profonde.

Le journal de Saïgon enregistre continuellement des histoires de tigres, malheureusement trop vraies. Les Annamites les prennent au moyen de piéges; mais ce moyen ne réussit pas toujours : les tigres éventent la ruse. Le gouvernement local paye des primes pour leur destruction; mais il y en a peu de gagnées par les indigènes, qui, pour se débarrasser de ces affreux voisins, font le plus souvent appel à nos soldats.

On avait amené à Saïgon un jeune tigre, âgé peut-être de sept à huit mois : il était gros comme un fort chien, mais sa tête et ses pattes étaient énormes comparées au reste du corps. Son conducteur le tenait avec une corde, et il se laissait caresser par tout le monde. On le mit dans une des cages du Jardin zoologique, en compagnie d'un petit chien. Son bon caractère ne se démentit pas en captivité. Il faisait le *câlin* pour les visiteurs, asticotait le chien, qui n'y entendait pas raillerie, grognait, aboyait, et même le mordait quelquefois. Il mourut, au bout de quelques semaines, d'une dysenterie causée sans doute par la trop grande quantité de viande crue qu'on lui avait donnée, alors qu'il n'avait jamais mangé que du riz bouilli. Le pauvre animal paraissait reconnaissant des soins que lui donnait le gardien du jardin. Il est probable cependant que son bon caractère aurait changé avec l'âge.

Il y avait dans les cages, à la même époque, un autre félin gros comme un chien de moyenne taille, gris rayé de noir, et extrêmement sauvage. Il y avait aussi deux charmantes petites bêtes, de la taille d'un chat, à la robe fauve ocellée de noir. Ces trois animaux ont été envoyés en France au mois d'avril 1865 (1).

Rongeurs. — Des Écureuils, des Porcs-épics et des Lièvres.

(1) Ces deux espèces sont signalées, il me semble, dans le *Voyage aux Indes orientales* de M. Bélanger.

La chair de ces derniers est peu savoureuse, sans doute par suite de l'humidité du pays.

Édentés. — Le Pangolin à queue courte, assez rare.

Nous avons vu, au jardin de Saïgon, un animal crépusculaire, un Paresseux, qui venait du Cambodge, et qui, croyons-nous, n'a pas encore été décrit.

Pachydermes. — Sauf quelques rares individus réduits en domesticité, on ne trouve pas d'Éléphants dans les parties plates de la Cochinchine française. On ne commence à les rencontrer que dans les terrains déjà élevés du pays des Moï, vers notre frontière du nord-est, où ils vivent en troupes. Leur voisinage est une calamité pour les habitants, à cause des dégâts qu'ils font en dévorant les riz en pousse et en piétinant dans les cultures. Les Éléphants de Cochinchine ont ordinairement les défenses très-petites, quelquefois rudimentaires seulement.

Le Rhinocéros de l'Inde se trouve dans les mêmes districts que les Éléphants; mais il est plus rare.

Ruminants. — Comme contraste avec tous ces animaux féroces ou nuisibles, une foule de gracieux Ruminants habitent les forêts et les plaines boisées : ce sont des Chevreuils et des Cerfs de plusieurs espèces. On en apporte très-souvent de tout vivants au marché de Saïgon. Du reste, les Annamites prennent presque toujours le gibier, soit de poil, soit de plume, au piége.

Oiseaux. — De grands Rapaces (du genre *Circus?*) sont très-communs, surtout dans la saison sèche. Il me semble qu'on rencontre les pareils dans les deux presqu'îles de l'Inde, en Chine, au Japon, et peut-être à travers les îles de la Malaisie, jusqu'au continent australien. Des Vautours (*Vultur cinereus?*) vivent avec eux en bons voisins. Jusqu'à ce jour on ne peut que se louer de leur présence, parce qu'ils purgent la campagne des débris que la saleté et l'incurie des Annamites y laissent s'accumuler.

Les Corbeaux sont moins nombreux que dans l'Hindoustan et d'autres parties de l'Asie.

Parmi les Passereaux, le Drongo à rames, plusieurs Échenilleurs, un petit oiseau jaune et noir, agréable chanteur, qui suspend son nid dans les jardins, à l'extrémité des branches; des Moineaux semblables aux nôtres, peut-être encore plus effrontés. Les Annamites élèvent en cage une sorte de Merle, noir et blanc, qui imite admirablement tous les sons qu'il entend.

Dans les bois, des Calaos; au bord de l'eau, un beau Martin-pêcheur; un gros oiseau noir, que je n'ai vu qu'une fois de loin, m'a paru être un *Dacelo*.

Au nombre des Hirondelles se trouve la Salangane (*H. esculenta*), aux nids si célèbres. Le goût des Chinois pour ce mets ne peut s'expliquer que par les vertus qu'ils lui supposent. Le fameux potage aux nids, dont la confection coûte très-cher (de 15 à 20 francs de revient par assiette !), est tout simplement quelque chose de glaireux qui n'a goût que de gélatine.

Le jardin zoologique de Saïgon a envoyé en France des Pigeons bruns, ressemblant beaucoup à un *Chalcophaps* de la Nouvelle-Calédonie, et de beaux Pigeons verts de Poulo-Condor.

Le Paon spicifère est un des plus beaux oiseaux de la Cochinchine et un bon gibier. Il en est de même des différentes espèces de Faisans : le commun, l'argenté et l'Argus. On a cru remarquer que les tigres fréquentaient surtout les localités où les paons sont communs.

Le *Coq des pagodes*, oiseau aux formes élégantes, à la queue allongée, au ventre fauve, qui tire son nom de ce qu'on le trouve auprès des temples, où il y a de grands arbres, est probablement une espèce de Coucou. Un petit Perroquet est le seul représentant de cette famille que j'aie vu.

Les Échassiers sont communs dans les plaines basses et inondées. Une des plus belles espèces est la Grue Antigone, dont la tête s'élève à plus d'un mètre et demi de terre, couverte, chez l'adulte, de plumes fines qui imitent du velours rouge. Un grand Jabiru, au ventre blanc, au dos noir bronzé, mérite, par son air réfléchi, son attitude pensive, le nom de *Philosophe*, sous lequel on le connaît dans la colonie. La Cigogne à sac (*Ardea argala*, Lath.), des Hérons gris, des Hérons blancs, sont très-communs. Une espèce de Bécassine, très-délicate, figure sur les tables pendant les premiers mois de la saison des pluies. Quelques Ralles, la Poule sultane, se rencontrent aussi, mais plus rarement.

Beaucoup de Sarcelles et de Canards sauvages.

Sur les rivages de la mer, tous les oiseaux marins de l'océan Indien, Fous, Frégates, Paille-en-queue, etc.

Reptiles. — Une Tortue marine fournit au commerce une belle écaille. Quelques Tortues molles, dont je n'ai pu apprécier l'espèce.

Le Crocodile (*C. de Schlegel*) est très-commun dans les prairies inondées, les *plaines des joncs*. Les Annamites considèrent comme un mets exquis la queue de ces hideux animaux. Un mandarin ne visite jamais un personnage de haut rang sans que deux ou trois crocodiles vivants figurent au nombre des présents qu'il lui apporte. Les Annamites les prennent à l'hameçon : un nœud coulant est passé à la queue; un autre, leur serrant le museau, les empêche d'ouvrir la gueule. On fend un gros bambou dans le sens de sa longueur, mais de manière à conserver tout entière, et non fendue, une des extrémités, dans laquelle on engage le museau de l'animal, tandis que son corps se trouve enveloppé longitudinalement par les lanières du bambou, qui sont attachées ensemble vers le bout de la queue. Le crocodile, ainsi enchevêtré, ne peut plus faire aucun mouvement, et alors on le transporte dans un réservoir, où l'on en garde pour la consommation ou le marché. La taille de ces reptiles varie de 3 à 4 mètres.

Un Varan (*V. vittatus? V. teniorensis*, Gray?) atteint, dit-on, jusqu'à 2 mètres de longueur; il attaque les poules et même quelquefois les jeunes porcs.

Des Dragons et des Geckos. Le cri d'un de ces derniers a quelque chose de la voix humaine.

Les Serpents, depuis les plus gros jusqu'aux plus petits, sont très-nombreux, et beaucoup d'espèces sont venimeuses. On cite surtout une Vipère verte, qui se tient dans les touffes de bambous. Quoi qu'il en soit, les accidents sont très-rares; pendant un an, je n'en ai jamais entendu parler, et c'est un fait assez remarquable avec une population à demi nue, marchant toujours nu-pieds au milieu des fourrés et des grandes herbes. J'avais envoyé à Paris, au Muséum, un beau *Python réticulé*; malheureusement il est mort dans le trajet de Toulon à Paris.

Nulle part au monde les Grenouilles ne font un tapage pareil à celui qu'elles font à Saïgon pendant la saison des pluies. Avec les insectes qui bruissent et bourdonnent continuellement, elles ne contribuent pas à rendre le sommeil facile et les nuits agréables. C'est d'abord un coassement monotone auquel on finirait peut-être à s'habituer, lorsque tout à coup,

après un silence, part une explosion formidable, un chorus où chaque espèce fait sa partie sur un ton différent, le tout dominé par le cri de la *Grenouille bœuf*, nommée ainsi à juste titre à cause de sa voix qui rappelle, sur un ton un peu amoindri, le beuglement d'un Bœuf. Les Annamites sont de grands mangeurs de grenouilles : ils pêchent à la ligne une grosse espèce dans les rizières, occupation qui convient assez à leur paresse naturelle.

Poissons. — J'ai publié dans les *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Cherbourg* la description de 105 espèces de Poissons, tant de la Cochinchine que de l'île voisine, Poulo-Condor. C'est un chiffre bien petit, si on le compare à celui des espèces que M. Bleeker signale dans l'archipel indo-malais, 2000 environ, c'est-à-dire la huitième partie des espèces connues. Il est probable que beaucoup de ces espèces se retrouvent sur les rivages de la Cochinchine, puisqu'on les rencontre à Singapore, dans le détroit de Malacca, dans l'Inde et même dans la mer Rouge. D'abord, sans avoir l'idée un instant de me comparer à un naturaliste aussi éminent que M. Bleeker, j'ai toujours vécu en Cochinchine loin du bord de la mer, et je n'ai guère eu sous les yeux que quelques espèces arrivant jusqu'au marché de Saïgon, et mes études ont porté principalement sur les espèces beaucoup moins nombreuses des fleuves et des arroyos.

Les Poissons marins que j'ai vus appartiennent surtout aux genres Mésoprion, Serran, Polynème (*Polynemus paradiseus*, Cuv., et deux autres), Apogon, Platycéphale, Scorpène (*S. cirrosa*, Cuv., *S. diabolus*, id.), Denté, Canthère, Pomacentre, Dascylle, Plesiops, Pseudo-Scare (*P. lacerta*, Guich., Bloch, *P. fasciatus*, Cuv.), Chétodon (peu nombreux), Chelmon (*Ch. rostratus*, Cuv. et Val.), Amphacanthe (*A. virgatus*, Cuv. et Val.), Eleotris (*E. muralis*, Quoy et Gaym.), Thyrsite, Caranx, Trichiure (*T. savala*), Stromatée (*S. argenteus*, Lacép., *S. securifer*, Cuv. et Val.), Teuthys, Mugil, Gobie (très-nombreux en espèces très-difficiles à débrouiller), Blennie (id.), Chironecte, Belone, Hémiramphe (2 espèces).

La famille des Clupéoïdes est représentée largement par trois espèces d'Aloses (entre autres *A. palasah*, Cuv.), le *Coilia Playferi*, Rich., un autre *Coilia*, plusieurs Anchois (*Engraulis Brawnii*, Cuv., qu'on trouve dans toutes les mers, *E. telara*, Cuv. et Val., *E. purava*, id.), le *Notopterus Buchanani*, id., le *Clupea dorab*, Lacép., etc.

Dans les Poissons plats, un *Rhombus*, deux *Plagusies*. Nous trouvons encore parmi les Anguilliformes : l'*Ophisurus rostratus*, signalé par MM. Quoy et Gaymard à la Nouvelle-Guinée ; le *Sphagebranchus rostratus*, très-commun ; un Syngnathe, trois ou quatre Tétrodons (l'*Ostracion cubicus*, Bloch, et l'*O. cornutus*, L.) ; un Carcharias, une Roussette (*Squalus tigrinus*, Lacép.), un *Zygæna*, et quelques Raies dont nous n'avons pu nous procurer que des débris.

Dans les eaux douces et les eaux saumâtres vit une nombreuse population ichthyologique. On dit que, dans certaines parties du Mékong et dans le grand lac Tsalé-sab, les rangs des poissons sont si pressés, qu'ils s'opposent à la marche des barques. Le poisson, frais ou salé, entre pour beaucoup dans l'alimentation des peuples de l'extrême Orient. Sous cette dernière forme, il est l'objet d'un grand commerce en Cochinchine. Les poissons frais abondent sur les marchés, où on les vend tout vivants. Il faut reconnaître que, malgré la certitude de les avoir frais, c'est un spectacle peu appétissant que celui de ces poissons au corps visqueux, grouillant dans des baquets où il ne reste qu'un peu d'eau vaseuse. Une grande partie de ces espèces appartiennent à l'ordre des *Pharyngiens labyrinthiformes*, et ont la faculté de vivre pendant un temps plus ou moins long hors de l'eau.

La grande famille des Siluroïdes est représentée par sept espèces au moins, parmi lesquelles je reconnais : *Arius cœlatus*, Cuv. et Val. ; *Pimelodus pangasius*, Ham. Buchanan ; *Clarias fuscus*, Cuv. et Val., etc.

Les espèces les plus communes sur les marchés sont : *Anabas scandens*, Cuvier ; un Trichopode et trois Ophicéphales (*Ophicephalus striatus*, Bloch, qui atteint une grande taille ; *O. punctatus*, Bloch, et *O. nigricans*, du même auteur). Ce dernier fourmille dans les fossés pleins d'eau et les rizières.

De petits poissons que les Annamites appellent *Cathaïa* (1) appartiennent au même ordre. Leur longueur n'est guère que de 2 à 3 centimètres. Leur couleur est ordinairement brunâtre, assez terne ; mais à certains moments, quand ils sont excités par une cause quelconque, ils prennent les teintes les plus brillantes : le bleu, le vert, l'aigue-marine, le carmin, se répandent sur leur corps et sur leurs nageoires ; la caudale et l'anale sont ordinairement en cette dernière nuance. Dans l'état ordinaire, les mâles se distinguent par des lignes longitudinales noires. Ce sont des animaux batailleurs. Quand on en met deux dans un vase, ils se livrent à des combats acharnés, sur les résultats desquels les Annamites et les Chinois engagent des paris considérables.

Nous trouvons encore le *Rhynchobdelle ocellé*, Cuv. et Val., et une autre espèce remarquable par la réunion des teintes les plus brillantes, du rouge, du cramoisi, de l'or, du bleu, etc., et cinq espèces de Cyprins.

Mollusques. — Ayant presque toujours vécu en Cochinchine loin de la mer, c'est à peine si j'ai vu quelques coquilles marines sur les marchés, des Bucardes, des Pétoncles provenant des grèves de l'entrée du Donaï. Les rochers du cap Saint-Jacques fournissent aussi de petites Huîtres, toutes biscornues, savoureuses, mais que, sous un climat aussi chaud, on ne mange pas toujours sans inconvénient.

En toute saison on trouve sur les arbres, principalement les Jaquiers, un Bulime (*B. inversus*), dont la coquille varie du jaune pâle au vert d'eau. J'avais envoyé quelques-unes de ces coquilles à un naturaliste de Bordeaux, M. Gassies, et je ne sais comment il se fit que quelques-unes renfermaient encore l'animal. Près de sept mois s'écoulèrent avant que cet envoi arrivât à destination, et quel ne fut pas l'étonnement de mon correspondant de trouver les Bulimes vivants et se nourrissant très-bien de débris de carottes, de navets et de grumeaux de farine !

Poulo-Condor fournit un bon nombre de coquilles terrestres. On a trouvé, dans le pays des Moï, l'*Helix cambodjensis*, qui est encore excessivement rare dans les collections.

Les Tarets causent de très-grands ravages dans les bois immergés. Les Annamites remédient en partie à cet inconvénient au moyen des huiles de bois.

Crustacés. — Les cours d'eau saumâtre, bordés de Mangliers, abritent une nombreuse population de Crustacés. J'ai remarqué un grand Portune, une Squille et trois espèces de Palémons, dont une, quelquefois longue de 30 centimètres, avec des pinces allongées de couleur bleue, est un excellent manger.

(1) *Cà* est un mot générique qui signifie *poisson*.

ces classes sont très-grandement représentées, comme dans tous les pays chauds, et ne contribuent pas généralement à rendre la vie agréable en Cochinchine.

Poulo-Condor m'a fourni des insectes magnifiques, remarquables par leurs belles couleurs, des Buprestes, des Hannetons verts, des Rhynchophores, etc.

Une fois la nuit venue, des mouches luisantes (*Cicindèles*) se réunissent en quantité innombrable sur les arbres au bord des rivières. L'illumination intermittente produite par ces insectes fait un effet magique. Soudainement le feuillage brille d'un éclat un peu verdâtre qui rappelle les feux du diamant; tout aussitôt la nuit est complète; la lumière et l'obscurité se succèdent presque subitement à intervalles réguliers. On est ébloui par le passage rapide de la lumière à la nuit, au point d'être gêné quelquefois dans la navigation des cours d'eau.

Les Cancrelas, les Moustiques, etc., foisonnent, surtout pendant les temps lourds de la saison des pluies.

Un obstacle avec lequel on a sérieusement à compter, ce sont les dégâts que font les Fourmis blanches dans les constructions de bois. A peine y a-t-il quelques rares essences de bois qui leur résistent. Un madrier qui paraît parfaitement sain en dehors est en très-peu de temps tout à fait rongé dans l'intérieur: il ne reste plus qu'une mince pellicule qu'on enfonce en appuyant simplement le pouce dessus. Les Annamites composent, avec les huiles de bois, un enduit qui préserve en partie les bois de ces accidents.

Une grosse Fourmi rouge qui vit sur les arbres mord cruellement.

D'énormes Bourdons, des Guêpes, des Mouches maçonnes, envahissent les appartements.

On rencontre quelques beaux Papillons de jour et de nuit. Les Vers à soie sont répandus, mais pas autant qu'ils pourraient l'être. Il y a là toute une industrie à développer et peut-être une grande source de richesse à faire jaillir. Jusqu'à présent la Cochinchine n'a produit qu'un peu de soie pour sa consommation. Il n'y a ni magnaneries ni ateliers. Chacun plante quelques mûriers, élève les Vers chez soi, file et tisse un peu de soie pour son usage, ou pour en faire un très-petit commerce. Il n'y a pas de raison pour que la Cochinchine ne produise pas une grande quantité de soie grége avec des Vers élevés dans le pays, car il semble difficile de les acclimater en Europe; les éclosions des œufs sont trop promptes pour qu'on puisse espérer d'y transporter la graine. Jusqu'à présent, du moins, on n'y a pas réussi.

Dans tout ce qui précède, je n'ai fait qu'indiquer les richesses zoologiques de la Cochinchine française. Un tableau plus précis eût exigé plus de temps, et surtout beaucoup plus de connaissances que je n'en possède. Cependant, tout imparfaite qu'elle est, cette esquisse peut, il me semble, donner une idée de la faune de cette contrée. On voit quels rapports elle a avec celles de l'Inde, du royaume de Siam, du midi de la Chine et de la Malaisie. Cependant il est probable qu'un zoologiste ferait des découvertes, surtout parmi les classes inférieures du Règne animal; et dans tous les cas, il serait intéressant de comparer, sous ce point de vue, cette terre à peine effleurée par les naturalistes, avec des contrées qui se trouvent dans les mêmes conditions de climat et sont mieux connues. Je n'ai pas à énumérer ici les ressources que le Règne animal peut offrir à la colonisation. Seuls les produits de la pêche sont l'objet d'un grand commerce qui, joint à l'exportation du chands sous tous les pavillons.

Il ne sera peut-être pas hors de propos de terminer ce rapide tableau de l'histoire naturelle de la Cochinchine par quelques mots sur ses habitants.

On retrouve au premier coup d'œil, chez les Annamites, une partie des traits de la race mongole; ils constituent une variété de cette vaste branche de l'espèce humaine disséminée sur une si grande étendue (1).

Ce qui frappe d'abord, c'est la petitesse de la taille du plus grand nombre, et chez beaucoup d'entre eux la largeur et la carrure des épaules rendent cette particularité encore plus saillante : ils paraissent plus petits qu'ils ne sont en réalité. La taille des hommes est en moyenne de quatre pieds neuf pouces ($1^{m},58$). Leur peau est jaunâtre; il est rare d'en trouver qui soient tout à fait noirs. La plupart des femmes en particulier sont aussi blanches que la généralité des habitants du sud de l'Europe. La forme sphérique du crâne et la saillie des pommettes caractérisent les Annamites d'une façon toute particulière. Leur tête est grosse, saillante par derrière, et cette forme paraît encore exagérée par l'habitude où ils sont de porter leurs longs cheveux noirs relevés en chignon et de se couvrir la tête d'une sorte de turban. Les diamètres transversaux de l'occiput et du sinciput sont presque d'égale longueur. Ils ont le front court et petit, les joues arrondies, le bas de la figure large, et cela est frappant surtout chez les femmes, qui passent pour d'autant plus belles que ce caractère est plus prononcé. Les yeux sont petits, noirs et ronds, moins obliques que chez les Chinois. Le nez est court, la bouche très-grande, les lèvres saillantes, mais sans être épaisses; mais toutes les parties de la bouche sont tellement détériorées par l'habitude de se teindre les dents en noir et par l'usage continuel du bétel, qu'il est difficile d'en reconnaître la forme : le tout compose un ensemble hideux à voir (2). La barbe est très-clair-semée; à peine les plus barbus portent-ils quelques poils roides à la lèvre supérieure et au menton. Leur cou est généralement court. La poitrine est courte, assez développée; les extrémités supérieures sont longues et grêles, les inférieures courtes et singulièrement vigoureuses, surtout chez les femmes; le développement des seins est considérable chez celles-ci, par rapport à leur petite taille : elles sont ordinairement très-fécondes. La tendance à l'obésité est très-rare parmi les Annamites, ce qui constitue une grande différence entre eux et les Chinois, chez lesquels, au contraire, cette tendance est très-commune. La plupart des Annamites sont maigres; leurs membres, quoique gros, ne sont pas gonflés de graisse.

Ce peuple est d'une saleté extraordinaire; les gens du peuple sont toujours couverts de guenilles : on dirait qu'ils ont autant de plaisir à se vautrer dans la vase que leurs buffles. Même parmi les hautes classes, la saleté nationale se retrouve sous des habillements quelquefois très-somptueux. A l'exception des grands personnages, qui portent des chaussures chinoises, tout le monde marche nu-pieds.

La langue est monosyllabique, comme celle des Chinois, à laquelle elle a emprunté les caractères d'écriture.

(1) Crawfurd fait un tableau des Annamites qui semble avoir été écrit hier.

(2) Le tabac n'est employé par les Annamites que sous la forme de cigarettes.

A cette description physique des Cochinchinois ajoutons quelques mots sur leur moral.

A proprement parler, ils n'ont aucune espèce de religion, quoique les pagodes soient nombreuses. Les hautes classes prétendent suivre les maximes de Confucius; le reste de la nation, nominalement bouddhiste, ne connaît que quelques pratiques superstitieuses. Le vrai culte que tous professent est, comme en Chine, celui qui est rendu à la mémoire des ancêtres; les seuls monuments de ce pays sont des tombeaux.

Le gouvernement despotique auquel ce peuple a été soumis depuis des siècles a eu une grande influence sur le caractère de toutes les classes. Les lois pénales de la Chine étaient en vigueur avant notre arrivée dans le pays. Le bambou était l'*ultima ratio* de toutes choses, et depuis le plus grand mandarin jusqu'au dernier des prolétaires, tout le monde recevait des coups de bâton, sans que personne eût jamais songé qu'il y avait là quelque chose pouvant paraître avilissant. On ne doit pas être surpris si un pareil système rend les gens astucieux, trompeurs et insouciants de la vérité, et en même temps présomptueux et tyranniques chaque fois qu'ils croient pouvoir l'être avec impunité. Le vol n'est qu'un péché véniel; la piraterie et le brigandage sont presque des institutions; la passion du jeu est dominante dans toutes les classes, et tous se ruinent volontiers pour fumer de l'opium. Malgré tous ces défauts, on ne peut s'empêcher de reconnaître chez les Annamites une grande gaieté, une grande loyauté, de la douceur, de la bienveillance, de l'affabilité envers les étrangers, et pardessus tout un grand sentiment de patriotisme dont nous avons eu à constater trop de fois les preuves contre nous, et qui suffirait à les placer moralement à une hauteur considérable au-dessus des Chinois.

Les autres variétés de l'espèce humaine qui vivent sur notre territoire sont quelques Cambodgiens, des Moï et des Stiengs, qui tous, au premier aspect, sont reconnaissables des Annamites.

Les *Cambodgiens* (ou *Kmer*) sont beaucoup plus noirs et généralement grands, fortement membrés; leurs cheveux courts, avec un toupet au sommet de la tête, les font ressembler aux Siamois. Leur langue n'est pas monosyllabique; ils emploient pour l'écrire un alphabet phonétique qui ressemble à l'alphabet pali.

Les *Moï*, qui habitent sur notre frontière du nord-est, sont encore des sauvages, comme l'indique leur nom en annamite. Les *Stiengs*, les *Chiams* ou *Chiampas* vers le nord-ouest, leur ressemblent beaucoup. Ces peuplades, à peine connues, paraissent appartenir à la race malaise; du moins j'ai cru en reconnaître les principaux caractères chez les quelques individus qu'il m'a été donné de rencontrer.

Telles étaient, avec 30 000 Chinois peut-être, les diverses races qui habitaient la basse Cochinchine avant notre arrivée dans le pays. Depuis lors, quelques autres éléments sont venus s'ajouter à la population primitive : 1° D'abord quelques Européens de toutes les nations, mais principalement des Français. 2° Des aborigènes des deux côtes de la presqu'île hindostanique; chaque paquebot en apporte un certain nombre qui viennent exercer les professions de charretiers et de cochers de fiacre. La plupart sont des brahmines ou des bouddhistes; tous sont des gens très-paisibles, qui ne causent aucun embarras à l'autorité coloniale. Ils rendent de grands services aux colons européens en élevant des vaches dont ils vendent le lait. 3° Quelques individus du Guzerate et de l'embouchure du Sindh, gens également très-paisibles, tous m[usul]mans. Ils ont à Saïgon une petite mosquée qu'ils fréqu[en]tent assidûment. 4° Des *Tagals*, des Philippines, venus l[ors] de notre conquête avec nos alliés les Espagnols. Quelques-[uns] servent encore dans l'escadron de cavalerie qui tient garni[son] en Cochinchine. Un certain nombre ont déserté, et il est r[are] qu'il y ait quelques méfaits commis sans qu'un Tagal y [soit] mêlé. Ce sont de véritables Polynésiens, ressemblant surt[out] aux *Kanaks* des îles Sandwich.

Les seuls cas de métissage observés jusqu'ici sont les enfa[nts] des Chinois et des femmes annamites. Les émigrants chin[ois] n'amènent pas de femmes avec eux, les règlements de le[ur] pays s'y opposent; ils prennent des femmes annamites, et [il] résulte de là une jolie race, fine et délicate. Les Chinois, [en] quittant la Cochinchine, emmènent ordinairement avec e[ux] les enfants mâles, laissent dans le pays les filles, qui ordinai[re]rement retombent en possession de nouveaux émigrants.

JOUAN.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

IV

Génération spontanée.

Passons à l'examen de ce règne humain dont nous venons de motiver la formation. Les autres grands groupes du même ordre se divisent, vous le savez, en embranchements, classes, ordres, familles, tribus et genres. En est-il de même pour celui dont nous nous occupons?

Sur ce point, pas de controverse. Tous les naturalistes, polygénistes comme monogénistes, s'accordent à penser que l'homme constitue dans son groupe un genre unique. Mais le groupe ainsi qualifié peut comprendre une ou plusieurs espèces se subdivisant en races et en variétés. De là plusieurs ordres de différences, et nous devons nous demander de quel ordre sont les différences qui séparent les groupes humains. En d'autres termes, le genre humain renferme-t-il seulement des races d'une espèce unique ou bien des espèces multiples?

C'est là une question des plus graves et des plus discutées; nous ne pouvons l'aborder sans nous être fixés sur le sens scientifique des mots de *génération*, d'*individu*, de *famille* et de *filiation*.

Disons d'abord quelques mots de la génération. Tout être vivant provient d'un être vivant, et transmet à son tour la vie à d'autres êtres. Il y a dans cette transmission un fait caractéristique, et qui, sans échapper à l'intervention des forces physico-chimiques, leur est pourtant supérieur et dérive directement de la vie, en ce qu'il s'accomplit par l'intermédiaire d'une organisation préexistante. La génération qui aurait lieu sous l'influence seule des forces physico-chimiques serait la génération spontanée; mais elle n'existe pas.

Je m'explique : c'est seulement dans l'ordre actuel des choses que je la nie. Je n'entends nullement la déclarer im-

(1) Voyez ci-dessus, pages 366 et 431, 9 mai et 6 juin 1868.

jamais existé. Tout ce que je veux dire, c'est que l'on n'a pu la constater ni dans les temps ni dans l'espace sur lesquels portent l'expérience et l'observation scientifiques.

Il m'est au contraire facile de vous démontrer que la doctrine de la génération spontanée est, pour l'époque actuelle, absolument erronée. Permettez-moi pour cela de vous indiquer brièvement par quelles phases elle a passé; car, à elle seule, l'histoire jette un vrai jour sur la question.

En Égypte, et même chez les Grecs, le domaine de la génération spontanée était assez vaste. Des animaux d'un ordre relativement élevé, tels que les taupes et les rats, étaient considérés comme de son ressort. Jusqu'aux études que Redi entreprit au XVIIe siècle sur les insectes, les savants croyaient à la génération spontanée de beaucoup d'entre eux. Redi lui-même réserva ce mode de formation pour les vers intestinaux et les champignons inférieurs; mais Vallisneri, son disciple, découvrit chez ces derniers des organes reproducteurs. Au XVIIIe siècle, Bonnet rejeta la génération spontanée; mais il n'arriva à cette conclusion nouvelle qu'en partant d'opinions préconçues et pour ne vouloir rien admettre qui fût en contradiction avec elles. Bonnet croyait à la préexistence des germes; il croyait à la panspermie. Suivant lui, les germes créés de toute éternité circulaient partout, prêts à se développer pour remplacer, non-seulement les êtres qui avaient cessé de vivre, mais encore tout organe qui venait à manquer. Un lézard perdait-il sa queue, elle ne tardait pas à repousser, grâce à la présence d'un germe propre à reproduire cet organe, de la même façon qu'un germe d'une autre nature reproduisait la tête chez les animaux qui présentent ce remarquable phénomène.

Cette doctrine, fille de la grande hypothèse de l'évolution, n'a pas pu se soutenir avec les progrès de l'observation. Elle a été remplacée par celle de l'*épigenèse*. Or, l'épigenèse ne serait pas, comme sa rivale, détruite à priori par des phénomènes de génération spontanée. Aussi son adoption presque générale fut-elle suivie d'un réveil de la doctrine repoussée par Bonnet. On vit Oken, Burdach, Dugès, Dujardin, Siebold..., soutenir plus ou moins explicitement la génération spontanée. Ces savants invoquaient surtout, à l'appui de leurs doctrines, l'histoire des vers intestinaux, des infusoires, espèces agames dont on ne pensait pas pouvoir expliquer autrement la multiplication et l'apparition.

Cet argument en faveur de la génération spontanée a été réfuté par les découvertes modernes, et en particulier par les observations de van Beneden et les expériences de Küchenmeister sur les vers intestinaux. Il en est résulté la certitude que, chez ces animaux aussi, l'être vivant engendre l'être vivant. Seulement, ils présentent des phénomènes nouveaux de généagenèse ou de générations alternantes. Dans certaines périodes intermédiaires, l'individu est agame; il se multiplie alors par le bourgeonnement, et peut n'acquérir sa forme définitive qu'après sa migration dans le corps d'un autre animal. De là ces apparences qui, on le comprend, avaient dû tromper les premiers observateurs.

De même, M. Balbiani a constaté chez les infusoires l'existence de l'élément mâle et de l'élément femelle. Il les a fait ainsi rentrer dans la loi commune, tout en observant aussi des phénomènes de reproduction généagénétique par scission spontanée, bouture, etc.

Ainsi le domaine de la génération spontanée s'est rétréci cependant que le fait en lui-même soit impossible; mais l'expérience a démontré que tous les faits avancés à l'appui de cette doctrine étaient autant d'erreurs. Toutes les fois que des infusoires ou que des végétaux se sont développés dans des infusions, c'est que des germes y avaient pénétré. Remarquez bien d'ailleurs que je ne parle pas de ces germes imperceptibles de Bonnet, germes que l'on supposait créés de toute éternité, et que le savant génevois croyait constituer une partie de la matière des êtres vivants. Je parle des kystes, des œufs ou des spores si bien visibles au microscope, qu'Ehrenberg les a observés dans toutes les poussières, que je les ai moi-même retrouvés dans le résidu des pluies d'orage recueillis par M. Boussingault. Telle est aussi l'opinion des savants qui ont le plus sérieusement étudié la question.

Cependant des hommes distingués, MM. Pouchet et Joly (1) entre autres, ont voulu reprendre au nom du progrès la vieille doctrine des Grecs et des Romains, condamnée, comme vous l'avez vu, par les progrès de la science pendant deux siècles. Toutefois M. Pouchet a légèrement modifié l'énoncé du problème. Ce n'est plus l'animal entier qui se produit spontanément, mais bien l'œuf. Ce n'est là que reculer la difficulté. La production spontanée de l'œuf est tout aussi mystérieuse et tout aussi contraire aux faits que celle de l'animal. En effet, l'œuf contient virtuellement l'animal, puisque chaque sorte d'œuf engendre une espèce spéciale. Produire l'œuf est donc en réalité produire l'animal. D'ailleurs, cet œuf pousse lui-même dans une sorte de *stroma*, qui est composé d'êtres déjà organisés. On voit par là combien la difficulté initiale se représente vite. Voilà pourquoi la modification de M. Pouchet n'en est en réalité pas une; voilà pourquoi MM. Dumas, Milne Edwards, Claude Bernard, et moi, n'avons pas hésité à nous inscrire contre une doctrine que nos observations, nos expériences fort diverses, et faites sans aucune entente préalable, nous montraient en complet désaccord avec les faits.

Les expériences si complètes et si décisives de M. Pasteur nous ont donné raison, en répondant aux dernières chicanes. Déjà Schwann et Henle avaient remarqué que, dans un ballon renfermant au-dessus d'une infusion de l'air chauffé ou tamisé à travers un acide, il ne se produisait aucun être, tandis qu'il suffisait de faire une ouverture au ballon pour voir apparaître des mucédinées et des infusoires. A cela les partisans de la génération spontanée répondaient: L'air du ballon est un air *inactif* incapable d'animer la matière. Cette explication était difficile à admettre, car, dans les deux phases de l'expérience, la composition chimique de l'air était la même, et c'est précisément par des agents chimiques que devrait se produire la génération spontanée. S'il ne s'était rien développé dans le premier cas, c'est uniquement parce que les germes avaient été détruits. Mais enfin, il fallait, pour lever tous les doutes, obtenir des êtres vivants dans cet air prétendu inactif, et n'en pas obtenir dans un air actif. C'est ce qu'a fait M. Pasteur (2).

Cet expérimentateur éminent a commencé par filtrer de l'air à travers un tampon de coton, qui s'est ainsi chargé de germes; puis il l'a introduit dans un tube de verre placé dans

(1) Voyez notre tome Ier, page 265 (M. Pouchet), et tome II, page 226 (M. Joly).

(2) Voyez notre tome Ier, page 257, conférence de M. Pasteur.

une partie de l'appareil communiquant avec le ballon à infusion, de manière à pouvoir de l'extérieur le casser à volonté. Ayant fait bouillir l'infusion, l'air de l'appareil s'est trouvé chassé; M. Pasteur l'a remplacé par de l'air inactif, et rien ne s'est produit au bout de plusieurs jours. Mais il a alors cassé l'ampoule de verre qui renfermait le coton, et, quarante-huit heures après, l'infusion, enveloppée d'air inactif, fourmillait d'êtres en mouvement.

Pour faire l'expérience inverse, mon savant confrère a pris un ballon au col tordu plusieurs fois et effilé à son extrémité; il y a introduit une infusion ordinaire, mais a tué les germes en la faisant bouillir. Puis il a laissé l'air rentrer lentement, de manière à se débarrasser de ses poussières organisées dans les circuits du col; et il a montré que l'infusion restait inactive, quoique dans un air actif.

A ces expériences il n'y a plus d'objection sérieuse possible. Aussi un éminent chimiste me disait-il de la génération spontanée, non sans un sentiment de regret : « Encore une illusion qui s'en va! » Comme s'il était dur pour un chimiste d'être forcé d'admettre qu'il est des phénomènes où la vie entre pour quelque chose.

Bien qu'on n'ait rien à répondre à de telles expériences, on discute encore. M. Pouchet et ses adhérents ont certes le droit de conserver et de soutenir leurs convictions ; et je me hâte d'ajouter que, en dehors de la question, ceci laisse intacte leur valeur scientifique. Priestley n'est-il pas mort croyant encore au phlogistique en 1804, dix ans après la mort de Lavoisier? Il est cependant resté Priestley.

Mais le droit que je conteste à nos adversaires, c'est de nous appliquer, à nous qui ne pensons pas comme eux, un nom qui implique à la fois erreur et ridicule. Pour eux, quiconque n'est pas hétérogéniste est panspermiste. Il y a là au moins une erreur. En effet, la panspermie est cette hypothèse que Bonnet imagina pour venir en aide à la doctrine de l'évolution aux abois et pour répondre aux difficultés créées par des faits d'épigenèse. Or, je le déclare hautement, les adversaires de M. Pouchet, loin d'être panspermistes, ne sont même pas évolutionnistes. Tous, je pense, sont partisans de l'épigenèse, tout autant que je le suis moi-même.

V

Filiation. — Individu; êtres composés. — Généagenèse. — Famille. — Définitions diverses de l'espèce.

Dans notre dernière séance nous sommes arrivés à nier la génération spontanée, et cela en dehors de toute idée préconçue, philosophique ou religieuse, bien que la question ait été constamment faussée par mille considérations étrangères à la science, et qu'il se soit livré à côté d'elle des combats auxquels trop de naturalistes se sont mêlés. C'est du reste bien à tort qu'on a voulu mêler à cette étude la philosophie et la religion. L'une et l'autre peuvent fort bien s'accorder avec les deux croyances opposées. Pour vous en convaincre, il me suffira de vous citer les deux faits suivants. Dujardin, professeur à Rennes, fut en butte à mille ennuis de la part des hommes de foi, parce qu'il avait laissé percer sa croyance à la génération spontanée. D'un autre côté, l'un de mes confrères à l'Institut, dont je respecte les fermes croyances autant que j'honore son savoir, me disait qu'il était difficile de nier la génération spontanée sans être matérialiste. Enfin, un journal religieux et catholique des plus autorisés déclar tout récemment que la question de la génération spontan était au nombre de celles qui relèvent de la science seule.

Ces contradictions entre personnes de même croyance m trent le danger que l'on court en mêlant des considératio étrangères à une question qui ne constitue ni un problè religieux ni un problème philosophique, à moins que l' n'entende parler de la philosophie de la science. A ce de nier point de vue, en effet, l'intérêt de la conclusion que vous ai présentée est capital; car elle a pour conséquen immédiate le fait de la succession des êtres, fait qui entraî nécessairement l'idée de *filiation*. Mais la filiation suppose a moins deux individus dont l'un procède de l'autre; et voi comment le grand phénomène de la génération ramène l'idée d'*individu* et d'individualité.

Nous avons déjà indiqué la signification de ces deux mots mais il faut préciser davantage. L'individu est un *être composé* de parties dont chacune lui est nécessaire pour qu'il soit complet, et qui concourent toutes à sa conservation personnelle ou à la conservation de l'espèce.

L'expression d'individu n'a donc de sens qu'appliquée à des êtres vivants. S'agit-il de corps bruts, une montagne, un bloc, un caillou de calcaire, ne sont pas des individus, mais seulement du carbonate de chaux. Lors même que ces corps prennent des formes régulières et définies, ils ne conquièrent pas l'individualité. Un cristal que l'on clive reste toujours le même cristal du même sel, sans prendre pour cela un autre nom.

Au contraire, un être vivant auquel on fait subir une mutilation quelconque devient sur-le-champ un être incomplet. Aussi, dans toute langue, il y a des mots pour qualifier l'individu privé même d'une seule de ses parties, et c'est *d'un être* organisé seulement que l'on dit qu'il est écorché, qu'il est manchot, borgne, etc. Le clivage, au contraire, laisse toujours le cristal semblable à lui-même; après comme avant on n'a pas l'idée qu'il lui manque quelque chose pour être complet. C'est que l'individualité du minéral, si l'on peut ainsi parler, est uniquement moléculaire, tandis qu'elle est réelle seulement chez les êtres vivants.

Il y a cependant des exceptions apparentes à ce principe. Si l'on coupe une branche à un arbre, il ne cesse pas pour cela d'être le même arbre qu'auparavant; il semble un être complet comme le cristal après le clivage. Ce que l'on dit de l'arbre pourrait se dire au même titre du polypier. Mais celui-ci est, on le sait, une colonie dont chaque membre a son individualité propre, et tout arbre est en réalité un polypier végétal, c'est-à-dire une réunion d'individus. Supprimer une branche d'un arbre, ou d'un polypier, c'est donc supprimer une collection de plusieurs individus, mais c'est n'en atteindre aucun en particulier.

Ces êtres composés soulèvent des questions importantes au sujet desquelles il faut se faire des idées nettes.

Le naturaliste ne peut étudier les êtres que successivement; c'est en ce sens que Buffon a dit : « *L'individu est tout.* » Cependant, se plaçant à un autre point de vue, il a pu dire ailleurs avec autant de justesse : « *L'individu n'est rien.* » Ceci est vrai pour le naturaliste, lorsqu'il examine une espèce dans le temps et dans l'espace. En effet, théoriquement, un *parens* ou père engendrant, et un *partus* ou fils, d'abord engendré, puis *engendrant* à son tour, suffisent pour permettre de concevoir l'établissement d'une série ininterrompue et indéfinie. En fait, vous le savez, il en est tou-

[...]ment autrement : au lieu d'un seul *parens*, il y a toujours deux [...], un père et une mère ; belle vérité que la science [mo]derne a su dégager du chaos des observations accumulées. Au premier abord cependant, elle paraît en contradiction [av]ec certains faits. Ainsi, lorsque les végétaux se multiplient [pa]r bourgeonnement, par bulbilles, par oignons, par marcot[ta]ge ou par boutures, on n'aperçoit qu'un seul *parens*, qui n'est, [à] proprement parler, ni père ni mère. Il en est de même [ch]ez les animaux ; des reproductions par bourgeonnement de [l'h]ydre, par bulbilles de la synhydre, par boutures de l'hydre [e]t de la naïs, par division spontanée de la naïs et des infu[so]ires, de la reproduction agame des pucerons et de la par[thé]nogenèse du ver à soie (*Bombyx*) ou des abeilles. A ces [fa]its se rattachent ceux que Chamisso a observés chez les [sal]pa, Sars et Siebold chez les méduses, van Beneden et [Kü]chenmeister chez les intestinaux.

Ces phénomènes si nombreux ont été, pour la première [foi]s, coordonnés par Steenstrup, dans son beau livre sur la [gé]nération alternante. Le savant danois est parti de la [doc]trine de la préexistence et de l'emboîtement des ger[me]s. A ses yeux, il n'y a d'individus réels que ceux qui [pré]sentent des sexes ; les formes agames intermédiaires ne [son]t pas de véritables animaux, mais des espèces d'œufs [vi]vants, destinés à nourrir les individus sexués qui n'apparaissent que plus tard. Cette interprétation des faits, fondée sur une doctrine qui ne compte plus guère de partisans, avait en outre l'inconvénient de laisser en dehors bien des cas, et de se trouver en perpétuelle contradiction avec le témoignage des sens ; car il est impossible de ne pas considérer comme de véritables animaux les êtres que Steenstrup appelait des *nourrices*. D'ailleurs, sa théorie n'explique pas la parthénogenèse, puisque dans ce cas c'est une femelle destinée à pondre plus tard des œufs bien caractérisés qui commence par jouer le rôle de nourrice.

Tout en repoussant la théorie de Steenstrup, il n'en faut pas moins reconnaître les mérites de l'auteur. Il a eu, entre autres, celui d'émettre l'idée très-juste de cycles à l'expiration desquels les deux sexes réapparaissent, et remplacent par leur union les procédés généagénétiques exclusivement en action dans la période intermédiaire. Même chez les hydres et les pucerons, un œuf provenant d'un de ces individus qui a joué jusque-là le rôle de « nourrices », et qui meurt après l'avoir pondu, vient-il à donner naissance à un véritable animal, on peut dire que le cycle ancien s'est fermé et qu'un nouveau cycle vient de s'ouvrir par la réapparition de la forme sexuée. De plus, Steenstrup a eu, je le répète, le mérite de relier entre eux des faits qui paraissaient jusque-là isolés, et de jeter un jour tout nouveau sur la fonction si importante de la reproduction.

De mon côté, j'ai essayé de rendre compte des mêmes phénomènes, non plus en partant de la doctrine de l'évolution, mais en m'appuyant sur celle de l'épigenèse.

Dans les métamorphoses des insectes, l'individualité, tout en se transformant, se conserve ; dans les phénomènes qui nous occupent, l'individualité disparaît ou tout au moins se multiplie. Je vous citerai la méduse, dont un seul œuf peut produire indirectement des centaines d'individus appartenant à une même génération. Mais il y a en outre production de générations distinctes, entées pour ainsi dire les unes sur les autres. De là le nom de généagenèse, que j'ai proposé pour cet ensemble de phénomènes. J'ai d'ailleurs regardé ces faits comme de simples phénomènes de développement ou d'accroissement. Ainsi, pour reprendre un des exemples de reproduction généagénétique les plus simples, l'hydre, pendant une première période de son existence, produit par bourgeonnement d'autres hydres ; c'est bien là un phénomène de simple développement. Le fait de la ponte en marque la limite, aussi meurt-elle bientôt après. C'est précisément parce que le développement n'est jamais indéfini qu'il s'ouvre et qu'il se ferme nécessairement des cycles. Ce que je viens de dire de l'hydre pourrait s'étendre au puceron et à la méduse, quoique chez cette dernière espèce la complication des phénomènes généagénétiques soit bien plus grand.

Cette conception permet de tout embrasser, et d'accepter les individus agames pour ce qu'ils sont réellement, pour de véritables animaux.

Les faits paraissent donc donner raison à ma manière de voir, au moins lorsqu'il s'agit des animaux.

En est-il de même pour les végétaux ? La question a été plus anciennement soulevée. Depuis longtemps les agriculteurs avaient remarqué la difficulté qu'ils éprouvaient à reproduire par boutures des végétaux qui, autrefois, se multipliaient facilement de cette manière. Ainsi le saule de Babylone, ou saule pleureur, a été introduit en Angleterre vers la fin du XVII[e] siècle, en 1692, et en France au commencement du XVIII[e] siècle. Mais nous n'en possédons que des individus femelles qui se sont tous reproduits par boutures. Or, ce mode de multiplication paraît perdre aujourd'hui sa faculté primitive. La maladie de la pomme de terre a été aussi attribuée à ce que la faculté de se reproduire généagénétiquement finissait par s'épuiser chez ce végétal ; et l'on est revenu, souvent avec succès, à sa multiplication par semis. Il semble donc que, même chez les végétaux, malgré la généralité des phénomènes de généagenèse, les cycles soient également finis et qu'ils se ferment toujours, de même qu'ils se sont ouverts, par l'union d'un père et d'une mère.

Quant aux hermaphrodites, s'il en existe, ils ne présentent qu'une exception apparente, où la règle trouve une confirmation nouvelle. En effet, si l'union réciproque des deux sexes, chez le même individu, rêvée par Platon comme un caractère idéal de perfection, est réalisée dans la nature, ainsi que cela a peut-être lieu dans les rangs inférieurs, chez certains vers intestinaux, il n'en est pas moins vrai que les éléments mâle et femelle s'y retrouvent toujours, et c'est là le point capital.

Il est évident que tous les individus agames issus du père et de la mère qui ouvrent un cycle sont les fils immédiats ou médiats de ces premiers parents. Il en est de même des individus sexués qui ferment ce cycle et en ouvrent un autre. Ainsi l'idée de filiation, tout en devenant complexe, s'est précisée pour nous, et nous arrivons tout naturellement à la notion de la *famille*.

La famille type se compose d'un père et d'une mère engendrant ; d'un fils et d'une fille engendrés, lesquels se marient pour engendrer à leur tour. On la rencontre avec cette symétrie théorique chez le chevreuil. Rarement son cercle est plus restreint ; cependant l'éléphant et la baleine ne font en général qu'un seul petit. Plus souvent au contraire elle est bien plus étendue, par suite de la fécondité de l'espèce ; et cette fécondité peut être extrêmement considérable, comme il arrive chez les poissons qui pondent des œufs par milliers. La famille nous paraît bien plus étendue encore, et surtout bien plus diffuse, chez les animaux à reproduction généagé-

nétique. Ici en effet elle comprend non-seulement le père, la mère et leurs descendants immédiats, mais encore leurs descendants médiats, souvent très-différents les uns des autres, soit qu'ils proviennent de boutures, de bourgeons ou de scission spontanée, et qui se multiplient jusqu'à ce que les éléments du père et de la mère venant à reparaître, de nouvelles familles commencent.

Vous le voyez, les êtres se propagent par succession de familles. Sous quelque forme que ce soit, ce groupe a une importance capitale. La famille est donc, dans l'ordre naturel comme dans l'ordre social, le groupe fondamental par excellence, l'élément de l'espèce, comme l'élément de l'état, ou même de toute association humaine.

Avec les données qui précèdent, mais avec elles seulement, nous pouvons aborder la question importante qui a pour objet la définition d'un mot que j'ai prononcé plusieurs fois, la définition du mot *espèce*. C'est un de ceux qui, sous une forme ou sous une autre, se retrouvent dans toutes les langues ; c'est donc qu'il traduit une idée générale et vulgaire. En l'adoptant, la science a dû en préciser la portée, mais non point à en altérer la signification première.

Demandons-nous donc quel est ce sentiment général auquel répond le mot d'espèce. Une expérience bien simple va nous permettre de voir ce qu'il y a au fond des hésitations et du vague des croyances et des idées populaires sur ce point.

Présentez à un éleveur, à un paysan, à un berger, deux moutons mérinos, il vous dira sur-le-champ qu'ils sont de même espèce. Soumettez-lui maintenant un mérinos et un mauchamp, il répondra tout d'abord, frappé de la dissemblance des types, que ce sont là deux espèces différentes. Insistez cependant, ajoutez que ces deux animaux proviennent des mêmes parents ; après un moment d'embarras, le berger, pour peu qu'il soit au courant du langage zootechnique, vous dira qu'il y a là deux races ou deux variétés de la même espèce.

De cette épreuve il résulte que deux notions essentielles se retrouvent dans l'idée d'espèce : la notion de ressemblance, et celle de filiation. Ces deux notions répondent évidemment à deux ordres de faits, et ces faits semblent parfois ne pas concorder. Aussi les naturalistes éprouvent-ils souvent un embarras analogue à celui de notre paysan ; plus ils cherchent à préciser, plus les difficultés leur apparaissent, plus une analyse sévère leur est nécessaire.

Pour les corps bruts, pas de difficultés. Si les minéralogistes et les géologues emploient le mot espèce, c'est par un véritable abus d'expression. En l'absence de génération et de filiation, il ne peut être question d'espèce proprement dite, et n'ayant pas d'individualité, les corps bruts ne sauraient former tout au plus que des espèces moléculaires ou chimiques. C'est pourquoi ceux mêmes qui ont fait le plus de part aux formes extérieures, et qui ont le plus cherché à faire rentrer la minéralogie dans les sciences naturelles, Haüy et Dufrénoy, reconnaissent cependant la composition chimique comme dominant toutes les autres considérations. Pour eux, sous des formes de langage diverses, l'espèce inorganique est l'ensemble des corps dont la composition chimique est la même.

Chez les êtres organisés, la question d'espèce reste entière. Or, si nous voulons bien nous rendre compte des divers points de vue sous lesquels elle a été envisagée, un peu d'érudition est nécessaire. Que le mot ne vous effraye pas ; je me bornerai, bien entendu, à présenter les faits principaux, et parallèlement à eux, l'histoire générale des idées. Je préviendrai ainsi quelques objections ; car il arrive souvent qu'on croit faire du nouveau, alors que l'on reproduit seulement des conceptions oubliées, parce que l'expérience, l'observation les ont fait abandonner depuis longtemps.

Les anciens avaient certainement de l'espèce l'idée vague sur la généralité de laquelle nous avons insisté. On pourrait même être tenté de croire que l'espèce et le genre se retrouvent chez Aristote dans les mots γένος (*genus*) et εἶδος (*species*). Mais Isidore Geoffroy a très-bien prouvé que si le γένος renferme parfois plusieurs εἶδος, c'est là une pure apparence, et que le mot γένος désigne tantôt une espèce grande ou petite, telle que l'araignée, tantôt un groupe considérable, comme celle des mollusques à coquille, dont le mot εἶδος sert alors à exprimer une division. Aristote n'avait donc pas et ne pouvait pas avoir l'idée d'espèce telle que nous cherchons à la définir.

Sur ce point, les Romains ne sont pas allés plus loin que les Grecs. Le moyen âge, la renaissance, n'ont rien ajouté non plus à ces vagues notions. On était alors trop occupé à sauver le savoir de l'antiquité pour songer à aller au delà et pour vivre autrement que d'emprunts.

C'est seulement à la fin du XVIIe siècle et au commencement du XVIIIe que deux hommes éminents comprennent la question peu à peu soulevée par leurs devanciers, et la résolvent en sens contraire, l'un en France, l'autre en Angleterre. Tous deux en effet ne tiennent compte que de l'un des deux termes que nous avons vus être au fond du sentiment populaire : la ressemblance et la filiation. C'est un exemple à ajouter à tant d'autres pour prouver que *tout le monde* voit souvent plus clair que l'esprit le plus éminent.

Jean Ray, botaniste, qui s'était occupé de zoologie avec son ami et bienfaiteur Willoughby, fonda dès 1686, dans son *Historia plantarum*, l'idée d'espèce sur la communauté d'origine et sur la reproduction par semis, c'est-à-dire exclusivement sur la filiation.

En 1700, l'illustre Tournefort, devant qui s'effaçait Linné, se demanda très-nettement, dans ses *Institutiones rei herbariæ*, « *quid speciei nomine?* » Il avait défini le genre : « l'ensemble des plantes qui se ressemblent par leur structure. » Il appela *espèces* celles qui, dans le même genre, se distinguent par quelque caractère particulier. Dans cette définition, peu nette d'ailleurs, tout est donné à la morphologie ; il y est question de la ressemblance des individus et nullement de la filiation.

Tournefort et Jean Ray ont eu leurs imitateurs exclusifs. Au premier se rattachent les zoologistes descriptifs ; Daubenton surtout, qui, prenant à la lettre la phrase de son maître, « l'individu est tout », ne voit plus que des individus. Pour lui, l'espèce n'est qu'un groupe de classification artificiel comme les autres ; elle comprend, à son avis, « tous les individus qui se ressemblent plus qu'aux autres ». A Tournefort se rattachent encore les entomologistes, parmi lesquels je citerai MM. Brullé et Lacordaire ; les ornithologistes, tels que Reichenbach et Brehm ; des paléontologistes, comme Quinstedt et M. d'Omalius d'Halloy.

A la suite de Jean Ray il faut placer les physiologistes, et à leur tête Illiger et Flourens. Suivant Illiger, esprit distingué, trop tôt enlevé à la science, « l'espèce est l'ensemble des êtres qui donnent entre eux des produits féconds ». Flourens a dit d'une manière simple, élégante et ingénieuse : « Le caractère de l'espèce est la fécondité continue ; le caractère du

est incomplète; de plus, elle est inexacte. Nul-
ulement elle ne renferme pas l'idée de ressemblance, mais
e paraît supposer que toutes les espèces d'un même genre
uvent se croiser, et nous verrons dans la suite que cela
est pas exact.

Pour donner une définition sérieuse de l'espèce, il faut
enir compte des deux éléments que conçoit si bien l'instinct
du paysan ou de l'éleveur; la filiation et la ressemblance.
C'est ce que sentirent fort bien Buffon et Linné.

Le premier seul a formulé ses idées. Il l'a même fait à trois reprises, en 1749, en 1753 et en 1767, dans des termes différents, mais sans que le principe fondamental varie. Sa meilleure phrase est celle de 1753; « L'espèce, dit-il, n'est autre chose qu'une succession constante d'individus semblables et qui se reproduisent. »

Nous trouvons ici les deux termes dont nous avons prouvé la nécessité, mais la place leur y est faite trop égale, comme vous le comprendrez plus tard.

Linné, ai-je dit, n'a pas formulé sa définition; mais dans l'exposé de ses idées, on en trouve tous les éléments. Antoine Laurent de Jussieu s'est chargé de les coordonner; aussi le citer, est-ce pour ainsi dire faire parler Linné :

« L'espèce est une succession d'individus entièrement semblables, perpétués au moyen de la génération. » C'est, on le voit, à peu de chose près, la définition de Buffon.

Je passe à Cuvier, dont la définition a été longtemps regardée comme classique : « L'espèce, écrit-il, est la collection de tous les corps organisés, nés les uns des autres ou de parents communs, et de ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux. » Les idées de temps et d'espace sont comprises dans cette phrase, où je vous signale encore la part égale faite aux deux éléments de l'espèce.

La définition de Cuvier a servi de modèle à Blainville; accord assez rare pour qu'il mérite d'être remarqué. Suivant lui, « l'espèce est l'individu répété dans l'espace et dans le *temps* ». Le tour est concis, la pensée absolue; nous aurons l'occasion d'y revenir.

De Candolle voit dans l'espèce « la collection de tous les individus qui se ressemblent entre eux plus qu'ils ne ressemblent à d'autres; qui peuvent, par une fécondation réciproque, produire des individus fertiles, et qui se reproduisent par la génération, de telle sorte qu'on peut, par analogie, les supposer tous sortis originairement d'un seul individu. » La définition est longue, mais des plus complètes pour l'époque où elle fut conçue.

Chez Vogt, quelque chose de plus vient se joindre aux idées de filiation et de ressemblance : ce sont les idées de métamorphose et de généagenèse, qui se rapportent à des phénomènes inconnus au temps de Cuvier et de Candolle. « L'espèce, dit-il, est la réunion des individus qui tirent leur origine des mêmes parents, et qui redeviennent par eux-mêmes ou par leurs descendants semblables à leurs premiers ancêtres. »

Les définitions que nous allons citer présentent toutes des restrictions à l'idée de ressemblance que nous n'avions pas encore rencontrées. Je cite d'abord Henri Martin. « L'espèce est l'ensemble des individus qui, ayant hérité d'une organisation semblable dans tous ses principaux détails, peuvent remonter par propagation à des êtres propagateurs semblables à eux, postérieurement à la dernière révolution du globe, et conséquent s'expliquer par l'action prolongée des causes actuelles, tant naturelles qu'artificielles. »

L'abbé Maupier s'exprime ainsi : « L'espèce zoologique est l'animal muni d'organes réunis ou séparés, à l'aide desquels il peut se perpétuer dans le temps et dans l'espace avec les mêmes propriétés ou qualités plus ou moins développées, dans un certain *laxum* ayant ses *minima* et ses *maxima* déterminés par les circonstances et les milieux, mais qui ne peuvent être dépassés sans que l'animal périsse. »

De telles définitions sont comme des descriptions; mais elles ont cela d'important, qu'on y voit apparaître l'idée de variations possibles sous l'influence des milieux.

J'arrive à Isidore Geoffroy. Ce naturaliste appelle espèce : « Une collection ou une suite d'individus caractérisés par un ensemble de traits distinctifs dont la transmission est naturelle, régulière et indéfinie, dans l'ordre actuel des choses. » La définition est simple, elle ne contient pas d'hypothèse; toutefois elle exprime une réserve.

Suivant M. Chevreul, « l'espèce comprend tous les individus issus d'un même père ou d'une même mère; ces individus leur ressemblent autant qu'il est possible relativement aux individus des autres espèces : ils sont donc caractérisés par la similitude d'un certain ensemble de rapports mutuels existant entre des organes de même nom, et les différences qui sont hors de ces rapports constituent des variétés en général. » Ici nous remarquons plus qu'une réserve, presque deux définitions : l'une de l'espèce, l'autre de la variété.

Cette tendance est plus accusée encore dans Lamarck, pour qui l'espèce est « la collection d'individus semblables que la génération perpétue dans le même état tant que les circonstances de leur situation ne changent pas assez pour faire varier leurs habitudes, leur caractère et leur forme. » Les restrictions de Lamarck sont, vous le voyez, fort graves, et l'idée de la variabilité des rapports y est exprimée aussi nettement que possible.

Je borne ici mes citations; je les ai empruntées à des hommes dont plusieurs n'ont eu de commun qu'une autorité également haute et méritée, puisqu'ils ont appartenu aux écoles les plus différentes et se sont trouvés les champions de doctrines contraires dans des luttes souvent éclatantes. Il n'en existe pas moins entre eux, sur la notion générale de l'espèce, un accord fort important à signaler. A part les définitions de Ray, de Tournefort et d'un petit nombre de leurs disciples, toutes celles que j'ai rappelées renferment la double idée de ressemblance et de filiation. Mais les dernières contiennent, sur le premier point, des réserves importantes dont je commencerai à m'occuper dans ma prochaine leçon.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Morphologie et physiologie des Champignons.

Nous extrayons du rapport de M. Tulasne, l'appréciation suivante de l'ouvrage allemand de M. A. de Bary, sur la *Morphologie et la physiologie des Champignons*, qui vient d'obtenir le prix Desmazières à l'Académie des sciences :

Au début de son livre, M. de Bary annonce comment il conçoit que les vrais Champignons puissent être actuellement distribués; il les partage en quatre groupes naturels principaux : *Phy-*

comycetes, *Hypodermii*, *Basidiomycetes* et *Ascomycetes*. Cette classification est en même temps une déclaration de doctrine, car M. de Bary ne répudie les Hyphomycètes et les Gymnomycètes de M. Fries, que parce qu'il admet le polymorphisme normal de l'appareil reproducteur d'une foule d'espèces fongines. Les Hyphomycètes, dit-il, ne sauraient constituer un groupe naturel ; ce sont plutôt des plantes analogues entre elles par le port et la structure de leurs organes de végétation et qui se conviennent à peu près, comme parmi les plantes phanérogames, un arbre ou un arbrisseau, en tant que végétal frutescent, convient à un autre arbre ou un autre arbrisseau. Les Hyphomycètes doivent être répartis non-seulement parmi les Phycomycètes, mais encore, et avec autant de raison, parmi les Basidiomycètes et les Ascomycètes dont ils représentent des formes incomplètes ou même de simples organes. On peut porter à peu près le même jugement des Gymnomycètes, aussi bien que de plusieurs sous-ordres de Pyrénomycètes, tels que les Sphéropsidés, les Cytisporés et autres semblables qu'il faut désormais rayer de nos catalogues, si l'on ne veut pas contredire au plan de la création mycologique.

La littérature mycologique est surtout riche en ouvrages purement descriptifs, en flores, monographies et systèmes généraux : l'histoire anatomique et physiologique des *Fungi* n'occupe dans ces divers ouvrages qu'une place restreinte et secondaire. Des traités d'une science plus générale et conséquemment plus abstraite ont sans doute été tentés, mais jusqu'ici la mycologie n'avait point été présentée dans son ensemble sous une forme ni aussi didactique, ni aussi complète. Le sujet était d'ailleurs assez riche pour fournir la matière d'un volume, et quiconque étudiera celui que nous avons sous les yeux s'étonnera peu que M. de Bary ait fait un livre de ce qui remplit à peine un chapitre dans la plupart des traités généraux de botanique.

Le savant professeur de Halle divise son sujet en quatre parties principales qui ont chacune, mais à des degrés inégaux, un intérêt à la fois morphologique et physiologique.

La première partie traite d'abord du thalle ou *mycelium*, qui représente l'ensemble des organes de la végétation, puis du fruit ou de l'inflorescence des Champignons, de ce que Trattinick appelait *encarpium*. Le livre dont nous parlons commence donc à la manière des traités ordinaires de botanique, par des détails histologiques ; l'importance de ceux-ci est d'autant moins contestable ici que la structure des Champignons, même les plus complexes, ne consiste ordinairement qu'en un plexus filamenteux. Quant à l'appareil fertile, il est nu ou revêtu d'enveloppes variées.

La deuxième partie du même volume traite spécialement des organes reproducteurs des Champignons. Les découvertes récentes auxquelles l'auteur a pris la plus grande part, lui permettent de parler à la fois d'une multiplication qui ne reconnaît aucune distinction sexuelle, et d'une reproduction ainsi qualifiée, ce semble, avec de justes motifs. On ne peut se dissimuler qu'il règne encore plus ou moins d'incertitude sur divers points de cette partie de la science mycologique, mais beaucoup de faits sûrement connus ont leur explication la plus naturelle dans l'hypothèse que certains Champignons sont doués de sexes. Jusqu'ici cette sexualité est mieux démontrée pour les Champignons angiocarpes que pour les *Fungi gymnocarpi*.

Les questions plus spécialement physiologiques qui doivent trouver place dans le livre de M. de Bary sont traitées dans ses deux derniers chapitres. L'auteur examine d'abord dans chacun des groupes qui en offrent le plus d'exemples, ce qu'il appelle la *pléomorphie* des Champignons, c'est-à-dire la faculté accordée à une multitude d'espèces de se reproduire chacune par plusieurs sortes de semences, d'origine et de structure différentes. De cette faculté découle aussi ce qu'on a appelé une *génération alternante*, et M. de Bary, par d'heureuses expériences, a montré que, sous ce rapport, les Champignons offrent effectivement d'étonnantes analogies avec certains animaux d'un ordre inférieur. Tout ce qui concerne d'ailleurs la germination des Champignons, leur mode ordinaire de nutrition, le parasitisme d'un grand nombre d'entre eux aux dépens des végétaux et même des anima[ux], propriétés lumineuses de quelques-uns et autres phénomè[nes in]téressants de leur histoire, est successivement passé en re[vue et] donne au lecteur la conviction qu'il a entre les mains u[n livre] aussi complet que l'état présent de nos connaissances per[mettait] de l'écrire.

En ce qui touche les Lichens, M. de Bary avait pour l['é]crire moins à puiser dans ses observations personnelles, [ces] végétaux offrant d'ailleurs à certains égards beaucoup d'a[nalogie] avec les Champignons, il a pu sans inconvénient traite[r avec] brièveté plusieurs points de leur histoire. Les travaux réc[ents de] M. Schwendener lui ont surtout permis d'exposer avec bea[ucoup] de développement la structure complexe du thalle dans [les] types des Lichens fruticuleux et foliacés.

M. de Bary a consacré le dernier chapitre de son livre à [l'exa]men de la structure et du développement des Myxomycètes, [c'est-]à-dire de ces Champignons ambigus dont l'histoire a été p[arfois] enrichie de tant de faits inattendus. Le caractère le plus app[arent] de ces singuliers êtres, c'est, comme leur nom l'indique, leu[r tex]ture mucilagineuse et longtemps plus ou moins amorphe. [Une] observation attentive découvre que leur masse, en même te[mps] qu'elle s'accroît rapidement, est agitée de mouvements de c[on]tractilité et de progression qui modifient incessamment sa for[me] jusqu'au moment où la plante, ayant construit ses fruits et [ses] graines, devient immobile et meurt en se desséchant. L'utri[cule] globuleux ou la cellule végétale, sous sa forme la plus comm[une,] ne se rencontre guère chez les Myxomycètes que dans l[es] spores et dans leur *mycelium* quand il est à l'état de repos, épa[issi,] contracté et durci à la manière des *Sclerotium* ordinaires. [Le] mode de germination des spores est étrange ; l'endochrome [plas]tique brise, en se gonflant, l'enveloppe de la spore et s'en [dé]pouille entièrement, puis il rampe à la manière des Amibes, [s'ai]dant d'un cil apicilaire et changeant de forme à chaque insta[nt.] Ces germes grossissent sans prendre de forme plus précise [ni] revêtir d'enveloppe membraneuse ou concrète ; ce sont des mas[ses] plastiques susceptibles de se fractionner, comme aussi de se so[u]der entre elles, et il ne paraît pas douteux que cette associatio[n] initiale des germes ne soit dans les mœurs normales de la pl[upart] des Myxomycètes. Ces agrégations ou soudures donnent naissan[ce] au *plasmodium* qui représente le *mycelium* des Myxomycètes. [De] même que le *mycelium* et le tissu des Champignons ordinai[res] peuvent en croissant revêtir et paraître s'incorporer des corps étra[n]gers solides, en est-il ainsi du *plasmodium ?* Toutefois, M. de Ba[ry] a cru reconnaître que celui-ci n'agissait peut-être pas d'une faç[on] purement mécanique et aveugle ; qu'il s'appropriait réelleme[nt] et avec choix, pour s'en nourrir, les corps envahis ou ingér[és ;] qu'il en rejetait au moins les plus volumineux avant de fructifie[r ;] que le *plasmodium* du *Didymium Libertianum* refusait de s'inc[or]porer les particules de carmin qui étaient au contraire avidem[ent] absorbées et dissoutes par le *Didymium Serpula*, etc. Ces fa[its] étaient au nombre de ceux qui avaient déterminé M. de Bary [à] attribuer aux Myxomycètes un caractère particulier d'animali[té ;] mais ils lui paraissent sans doute aujourd'hui susceptibles d'u[ne] interprétation moins décisive, car il ne s'excuse point de fa[ire] l'histoire des Myxomycètes dans un traité de botanique.

Ferme de Vincennes. — Champ d'expériences.

M. G. VILLE, professeur au Muséum d'histoire naturelle, fera s[es] conférences agricoles les dimanches, du 14 juin au 19 juillet, à deu[x] heures et demie.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 29 — 20 JUIN 1868

MUSÉUM ROYAL DE FLORENCE.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DES CORPS VIVANTS.

COURS DE M. CH. MATTEUCCI

(correspondant de l'Institut).

L'Électro-physiologie.

III

SOMMAIRE. — Différence entre l'électricité et les autres stimulants par lesquels on produit l'excitation des nerfs. — Différence entre les actions électro-physiologique, électro-chimique, électro-magnétique. — Action de l'électricité sur les nerfs mixtes pris sur des animaux récemment tués et encore très-irritables. — Phénomènes fondamentaux d'électro-physiologie. — Précautions à prendre pour les obtenir avec certitude. — Grenouille galvanoscopique; comment on s'en sert.

Nous avons vu, dans les leçons précédentes (1), quel est en général le mode d'action de l'électricité sur un animal vivant ou récemment tué. C'est une expérience commune et connue de tous que celle qui consiste à faire passer la décharge électrique d'une bouteille de Leyde à travers notre corps ou celui d'un animal. Nous avons déjà vu plusieurs fois ce qui arrive *quand on* ferme le circuit d'une pile de Volta d'un certain nombre d'éléments en touchant les pôles de cette pile avec les mains humides, ou en touchant avec les rhéophores de cette pile les muscles d'une grenouille récemment tuée et dépouillée. Dans l'un et l'autre cas, il se produit une forte secousse et une contraction musculaire à l'instant même où l'électricité commence à passer dans les muscles et dans les nerfs de l'animal; mais nous savons aussi que ces effets s'arrêtent, bien que l'électricité continue à circuler à travers l'animal préparé, pourvu que le circuit reste fermé, et qu'enfin ils recommencent au moment où le circuit s'interrompt, c'est-à-dire quand cesse le passage de l'électricité.

Ce mode d'action de l'électricité sur les nerfs est tout à fait différent de l'action qu'exerce l'électricité en décomposant les combinaisons chimiques, en aimantant le fer, en faisant dévier l'aiguille de la boussole, en élevant la température d'un fil métallique qu'elle traverse.

Tous ces différents effets persistent tant que le courant dure, et sont proportionnés à la quantité d'électricité qui passe dans ces divers circuits pendant l'expérience. Seuls, les phénomènes d'induction électro-dynamique ou électro-magnétique paraissent avoir quelque analogie avec les effets électro-physiologiques, parce que les courants induits ne se produisent pas non plus sous une action continue de l'électricité, mais en conséquence d'une variation de l'électricité en plus ou en moins.

Cependant nous ne voulons tirer de cette analogie aucune déduction théorique pour expliquer l'action de l'électricité sur les nerfs, ni surtout asseoir sur un tel fondement des explications de faits encore si obscurs et si complexes. Pour justifier cette réserve, il suffirait de vous dire d'avance ce que nous devrons exposer plus tard et plus longuement; que, quand l'électricité traverse les nerfs sensitifs, elle produit des effets continus, de sorte que la douleur éveillée dans ces nerfs par le passage de l'électricité, les bruits et les sons qu'elle produit dans nos oreilles, les sensations des organes du goût, les mouvements excités par l'électricité appliquée aux nerfs du système ganglionnaire, sont des effets différents de ceux que produit l'électricité quand elle excite les nerfs moteurs et détermine les contractions musculaires. Je rappellerai aussi que, si cette action de l'électricité sur les nerfs moteurs ne se manifeste qu'au moment où le passage de l'électricité commence ou finit, tandis que les excitants chimiques, comme une solution concentrée de sel marin, une solution étendue de potasse, l'alcool, l'acide hydrochlorique, et même quelques poisons, comme la strychnine, produisent sur ces mêmes nerfs une excitation permanente, — de même aussi l'électricité, quand on l'applique aux nerfs du système ganglionnaire, ne manifeste pas son action immédiatement, mais seulement un certain temps après que l'excitant a été appliqué. Elle continue d'agir pendant tout le temps de son passage, et prolonge son action même après qu'elle a cessé de passer.

En avançant dans l'étude de l'électro-physiologie, le premier phénomène qui fixera notre attention est celui de la diversité des actions que produit l'électricité sur les nerfs, suivant la direction dans laquelle elle s'y propage.

Tout le monde sait qu'en physique, depuis Volta, on suppose que l'électricité est un certain fluide qui tend, pour s'équilibrer, à passer des corps qui le contiennent à ceux qui en sont privés. C'est une hypothèse qui a l'avantage de nous représenter brièvement les effets de la pile dans laquelle il y a une production continuelle d'électricité et un mouvement continuel de ce fluide tendant à se mettre en équilibre. Vous savez tous qu'une pile n'est qu'une réunion d'un certain nombre d'éléments voltaïques qui opèrent tous dans le même sens, dont chacun est formé d'un métal qui exerce une action chimique pour décomposer un liquide dans lequel il est immergé, et d'un autre métal qui ne subit aucune action chimique. Dans tous les cas, et quelle que soit l'action de la pile qu'on emploie, quand la pile commence à fonctionner, le liquide de chaque élément prend l'électricité positive, ainsi

(1) Voyez page 378, numéro du 16 mai 1868.

que le métal qui ne subit pas d'action chimique, tandis que l'autre métal qui décompose le liquide et forme une combinaison qui se dissout ensuite dans ce même liquide reste privé d'électricité, ou prend, suivant l'expression usitée, l'état électrique négatif. Alors, si un arc métallique ou un arc conducteur quelconque met en communication les deux métaux du couple voltaïque, l'électricité se met en mouvement dans cet arc pour rétablir l'équilibre; et le fluide électrique, que par hypothèse nous appelons positif, circule dans cet arc en allant du métal qui n'est pas attaqué chimiquement à celui qui subit l'action chimique. Ainsi, nous donnons au courant électrique une direction qui, indépendamment de toute hypothèse, nous apprend tout de suite où est le métal attaqué, où se trouve celui qui ne l'est pas, et détermine ainsi dans notre esprit la relation qui existe entre la position des deux métaux de la pile, et la nature des effets chimiques et physiques qui se produisent dans l'arc voltaïque.

Il s'agit maintenant de voir si cette relation existe pour les effets électro-physiologiques, et, au cas où elle existerait, quelle en est la nature.

Avant de procéder aux expériences, toujours très-délicates, que nous ferons bientôt, afin de découvrir cette relation, je veux vous mettre en état de faire ces expériences avec exactitude et vous enseigner à exclure les causes d'erreur.

Quand on veut étudier un phénomène électro-physiologique, il est nécessaire avant tout d'opérer sur un nerf dont l'irritabilité ne soit pas altérée, mais soit au contraire la plus grande possible, comme serait celle d'un nerf vivant.

Or, je puis vous montrer facilement, soit avec des bouteilles de Leyde de grande dimension ou fortement chargées, soit avec l'appareil d'induction de Ruhmkorff, que, si l'on fait passer à travers le nerf d'une grenouille récemment préparée une forte décharge d'une bouteille de Leyde, ou une série de ces décharges induites qui se produisent facilement avec l'appareil de Ruhmkorff, aussitôt ce nerf est tué, perd toute irritabilité et n'est plus sensible à l'action du courant électrique. Donc, pour faire des expériences délicates d'électro-physiologie, la première précaution à prendre est d'employer des courants électriques très-faibles. Vous avez déjà vu que le meilleur moyen de les obtenir consiste à introduire dans le circuit de la pile un rhéostat liquide, c'est-à-dire une colonne d'eau distillée contenue dans un tube de verre recourbé, et que l'on peut en quelque sorte allonger plus ou moins en faisant varier la distance des extrémités métalliques, ou bien en attachant à l'une de ces extrémités un cordon métallique qui plonge dans l'eau. Il est alors facile, en tirant plus ou moins ce cordon hors du liquide, de donner à la partie immergée la longueur qu'on désire.

Une autre précaution dont on comprendra très-bien la nécessité consiste à éviter que les nerfs ne se dessèchent dans l'air, et par suite ne s'altèrent, ce qui arrive surtout dans les saisons chaudes et sèches. Pour y arriver, on a des cloches ou boîtes de verre posées sur une base de bois, de manière que les bords de la boîte entrent dans une large gouttière que l'on tient pleine d'eau, de même qu'on a soin d'humecter du même liquide les parois internes de la boîte. Dans le bois sont percées des ouvertures par lesquelles entrent les électrodes métalliques qui sont en communication avec la pile. La grenouille préparée est disposée pour l'expérience, et on la recouvre avec la boîte. Vous voyez ici, sous cette boîte, une grenouille préparée depuis plusieurs heures, et dont les nerfs sont encore sensibles au passage du courant, ce q n'arrive pas pour une grenouille préparée de la même faço laissée à l'air libre. Le même courant cesse d'agir sur elle a bout de quelques minutes.

Il est une autre précaution fort importante dans les exp riences très-délicates d'électro-physiologie : il faut chois avec soin les électrodes métalliques sur lesquels on pose l nerfs. Voici une grenouille préparée dont je pose le nerf cr ral sur deux électrodes de platine séparés l'un de l'autre p une distance de 14 ou 15 millimètres. Si ces deux électrode sont bien homogènes, il n'y a aucune contraction dans la gre nouille quand je place le nerf sur les électrodes. Je fais passe le courant d'une pile d'un petit nombre d'éléments qu éveille d'abord une contraction, puis cesse d'agir. Je tiens le circuit fermé pendant quatre ou cinq minutes, ce qui n'altère pas sensiblement l'irritabilité du nerf, si l'expérience se fait sous la boîte dont j'ai parlé. Alors j'ouvre le circuit de la pile, et immédiatement après je fais communiquer ensemble les deux fils de platine, et alors je vois se produire dans la grenouille une contraction que d'abord je n'aurais pas obtenue en faisant toucher ensemble les électrodes. Nous étudierons bientôt et longuement la cause de ce phénomène, qui porte en physique le nom de *polarités secondaires*. Qu'il vous suffise maintenant de savoir à ce sujet que les deux électrodes de platine pris au commencement, bien propres et bien homogènes, ne produisaient pas cet effet, et que, par le passage de l'électricité à travers le nerf posé sur les électrodes, ils cessent d'être homogènes, acquérant sur les points touchés par le nerf un pouvoir électromoteur qui produit, quand les fils de platine se touchent, un courant appelé secondaire. Il y a deux manières de supprimer cette cause d'erreur : on peut prendre pour électrodes deux fils de zinc amalgamé qu'on tient humides au moyen d'une petite enveloppe de papier humectée avec une solution saturée de sulfate de zinc; ou il faut du moins laver de temps en temps les fils de platine avec de l'eau distillée au moyen d'un pinceau, puis les essuyer et les chauffer au rouge avec la flamme d'une lampe à alcool.

Une autre précaution importante en certains cas, c'est de bien nettoyer les nerfs sur lesquels opère le courant, de n'y laisser ni sang, ni fragments de muscles, ni petits vaisseaux sanguins; mais de plus il faut les tenir isolés, c'est-à-dire ne pas les poser sur une surface conductrice, comme pourrait l'être celle d'une substance quelconque couverte d'eau. Supposons que nous avons sous la boîte de verre dont nous avons parlé une jambe de grenouille à laquelle est attaché un long filament nerveux, ce qu'on obtient en enlevant toute la cuisse et en laissant intacts le nerf crural et le sciatique. Supposez que nous avons attaché à l'extrémité de ce nerf un fil délié de soie, de manière que nous puissions tenir ce même nerf à quelque distance de la surface qui le soutenait, ou le laisser reposer sur cette surface. Pour rendre l'expérience plus frappante, je pose la grenouille et le nerf sur une feuille de papier humide. Si, les choses étant ainsi disposées, je touche le nerf avec les deux électrodes de platine de la pile rapprochés à 10 ou 15 millimètres l'un de l'autre, en laissant de part et d'autre, au delà des électrodes, un bout du nerf, on comprend, par les lois connues de la diffusion de l'électricité dans les couches liquides, que les filets du courant électrique ne passeront pas seulement d'un électrode à l'autre, c'est-à-dire dans la partie intermédiaire du nerf, mais qu'il y aura aussi une partie du courant qui se répandra dans le liquide sous-

jacent, et par suite dans le nerf même en dehors des électrodes; et il est facile de comprendre que la direction des effets du courant entre les électrodes est opposée à celle des effets qui se propagent dans le nerf en dehors des pôles. Par conséquent, quand on opère ainsi, une partie du nerf est parcourue par une partie du courant dans un sens, et d'autres parties du nerf, c'est-à-dire celle qui est la plus rapprochée du muscle et celle qui en est la plus éloignée, parcourues en sens contraire. Notez encore que nous savons, par les anciennes expériences de Valli, que, dans les nerfs moteurs séparés des centres nerveux (ce qui est justement le cas des grenouilles préparées), l'irritabilité s'éteint en se retirant rapidement vers les muscles, ce qui fait que la partie voisine de la jambe est encore très-irritable, tandis que la partie éloignée ne l'est déjà plus. Il devient donc impossible de savoir à quelle partie du nerf, à quelle fraction du courant, et, par suite, à quelle direction du courant on doit attribuer les effets obtenus. Et l'expérience va nous montrer en effet que les résultats sont différents, suivant que le nerf est étendu sur le papier humide ou reste en contact avec les muscles, et suivant qu'il est soulevé à l'aide du fil de soie que je vous ai décrit. Dans ce dernier cas, on est certain qu'un seul courant dont la direction est déterminée produit l'excitation du nerf. Dans certains cas, quand on ne peut tenir le nerf suspendu et isolé de la surface sous-jacente, on glisse sous le nerf une bande de caoutchouc ou de fine toile cirée taillée en triangle.

J'ai cru nécessaire de décrire minutieusement les différentes causes d'erreurs qui se rencontrent dans ces expériences d'électro-physiologie et les moyens employés pour les éviter. J'insisterai enfin sur la manière de préparer les grenouilles, qu'on a reconnue comme la meilleure pour ces expériences, et qui a le grand avantage de permettre d'agir en même temps sur les deux nerfs lombaires ou sciatiques du même animal, en faisant traverser l'un d'eux par le courant dans une certaine direction, et l'autre dans une direction contraire. Et ici je dois définir cette direction du courant par rapport aux nerfs, suivant que le courant va de la tête aux pieds, ou *vice versâ*, c'est-à-dire en suivant la ramification des nerfs ou en sens contraire à cette ramification.

Nobili, le premier si je ne me trompe, nomma *courant direct* celui qui parcourt le nerf en allant du centre nerveux aux extrémités qui se distribuent dans les muscles, c'est-à-dire suivant la ramification des nerfs. Il nomma *courant inverse* celui qui va des muscles vers le centre nerveux, c'est-à-dire dont la direction est contraire à celle de la ramification des nerfs. Ces dénominations sont aussi remplacées chez quelques auteurs allemands par celles de *courant centrifuge* et de *courant centripète*.

Nous voulons étudier les effets produits par le courant électrique suivant sa direction; or, comme nous le verrons bientôt, l'irritabilité du nerf est profondément modifiée par le passage du courant, et d'une manière différente selon la direction. On comprend donc immédiatement qu'il ne faut pas, dans ces expériences, soumettre le même nerf à l'action du courant, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. C'est pourquoi la meilleure manière de préparer la grenouille, et la plus généralement adoptée aujourd'hui, consiste à la préparer d'abord suivant le procédé de Galvani, que nous connaissons déjà; puis à trancher les muscles et les os du bassin, et à séparer les deux membres inférieurs, de manière qu'en étendant la grenouille réduite à ces parties et en faisant entrer le courant par une des jambes pour le faire sortir par l'autre, on ait ainsi un des nerfs et des membres où le courant soit inverse, et l'autre où le courant soit direct. On peut disposer l'expérience en immergeant les deux jambes dans deux petits verres séparés qui contiennent de l'eau de puits, ou bien on pose les deux nerfs sur deux fils de platine ou de zinc amalgamé qui s'introduisent dans une colonnette de bois, et dont les extrémités trempent dans deux petites cavités pleines de mercure pratiquées dans le pied de cette colonnette. Dans le premier cas, le courant traverse muscles et nerfs, et dans le second l'électricité ne parcourt que deux parties égales des nerfs et le fragment de moelle épinière qui les réunit. Mais dans l'un et l'autre il arrive que le nerf qui est en communication ou en contact avec le pôle positif de la pile est parcouru par le courant inverse, et celui qui touche le pôle négatif par le courant direct. Pour plus de brièveté, nous appellerons *nerf* et *membre inverse* le premier, et le second *nerf* ou *membre direct*. En préparant ainsi la grenouille, nous sommes dans les meilleures conditions pour faire cette étude comparative, puisque nous avons certainement le même courant pour agir sur les deux nerfs; ceux-ci sont aussi égaux que possible, et il ne reste absolument d'autre différence que celle qu'on veut étudier, c'est-à-dire la différence de direction.

Il est temps que nous exposions les principaux résultats obtenus dans ces études. Je ne m'arrêterai pas ici à vous répéter tout ce qu'on a écrit, ou trouvé ou cru trouver sur ce sujet. L'irritabilité des nerfs des grenouilles ou des autres animaux à sang chaud sur lesquels on a opéré varie tellement selon la saison et la vigueur de ces animaux, il est si facile de ne pas suivre dans ces expériences les règles que nous avons décrites et qui sont suivies depuis peu de temps seulement, que nous ne devons pas être surpris de toutes les anomalies et des incertitudes qui se sont rencontrées dans cette étude. Nous croyons pourtant qu'en employant pour les expériences les procédés que j'ai décrits, il ne reste plus aucune incertitude sur les résultats que nous allons exposer.

Lorsqu'on opère sur des grenouilles préparées rapidement et dont les nerfs ont encore toute leur irritabilité, lorsqu'on fait les expériences sur des lapins ou sur des chiens vivants, et surtout si l'on emploie des courants induits ou des courants voltaïques continuels d'une grande énergie, le résultat ordinaire est celui que nous avons déjà tant de fois remarqué, c'est-à-dire que la secousse est accompagnée de contractions musculaires et de signes de douleur au moment où le courant commence à passer et au moment où il cesse, *indépendamment de sa direction*. Ces effets sont, à quelques égards, analogues à ceux que produisent les stimulants chimiques ou mécaniques, avec cette différence déjà notée, que ces deux dernières sortes de stimulants continuent à produire leurs effets tant que dure leur action, tandis que pour l'électricité, comme nous le savons déjà, les effets ne se manifestent qu'au commencement et à la fin du passage de l'électricité. Mais en employant des courants très-forts et en opérant sur des animaux vivants, même pendant le passage de l'électricité, il y a des signes continuels de douleur et des mouvements produits, soit par des actions réflexes, soit par les variations que les mouvements de l'animal produisent dans l'intensité du courant en faisant changer les points de contact entre les électrodes de la pile et les parties de l'animal. Il n'est pas rare aussi, surtout avec les grenouilles, que, soit par effet de la préparation ou

par l'action répétée du courant, les muscles restent tétanisés, auquel cas on distingue mal les effets successifs du courant.

Ce ne sont pas là des phénomènes électro-physiologiques dont nous puissions déduire l'action de l'électricité sur les nerfs suivant sa direction, et nous devons nous borner à étudier ces phénomènes en employant les nerfs encore doués du plus haut degré d'irritabilité, et les courants ou décharges électriques les plus faibles possible. Dans ces conditions seulement, nous pouvons dire que nous obtenons les phénomènes électro-physiologiques les plus constants et les plus généraux possible. C'est pourquoi, si l'on veut opérer avec la décharge de la bouteille de Leyde, on prend une bouteille de très-petite dimension, et, avant de la faire agir sur l'animal préparé, on la décharge huit ou dix fois avec un excitateur métallique, si bien que non-seulement elle ne rende plus d'étincelles, mais encore qu'elle laisse immobile un électroscope fort sensible qu'on approche de l'une des armatures de cet instrument. Si c'est aux courants induits qu'on veut avoir recours, on emploie pour appareil d'induction une spirale cylindrique qu'on approche plus ou moins d'une spirale d'induction mise en action par un ou deux éléments de Daniell.

Si, comme cela arrive le plus souvent, on emploie le courant de la pile, on se sert d'une pile d'un seul élément, zinc et cuivre, dans l'eau de puits ; ou bien d'un petit élément de Daniell, en introduisant dans le courant de cette pile le rhéostat liquide que nous avons déjà décrit, et en commençant par tenir le cordon immergé assez long et le courant assez faible, pour n'avoir pas d'effet sensible de ce courant sur la grenouille préparée.

Volta le premier découvrit avec la décharge de la bouteille l'effet de cette décharge selon sa direction. Il employait la grenouille entière préparée suivant le procédé de Galvani, et, dans sa lettre qu'il écrivit à Baronio sur l'électricité animale en avril 1792, on trouve la description d'une expérience que je tiens à vous rapporter en lui empruntant ses propres expressions : « Ainsi donc, dit Volta, ayant répété souvent l'ex-
» périence, j'ai vu que, si la partie de la bouteille qui touche
» le nerf est positive ou *en plus*, il suffit, pour produire les
» convulsions, d'une charge de cinq ou six centièmes de degré
» de mon électromètre à paillette ; et au contraire, si l'on fait
» toucher par le muscle et correspondre au nerf la partie
» électrisée négativement ou *en moins*, ce n'est pas assez de
» vingt, vingt-cinq, trente centièmes de degré du même élec-
» tromètre. » Il est impossible de décrire une expérience plus exacte que celle qui est décrite par Volta dans ce passage pour démontrer que le courant direct est celui qui éveille la première contraction la plus forte et qui excite le nerf le plus énergiquement.

Je puis vous montrer facilement la même expérience, mais en employant la grenouille préparée comme je l'ai dit plus haut, c'est-à-dire coupée par le milieu du corps et étendue sur ce qu'on nomme l'*excitateur universel*. Pour cela, je prends une petite bouteille de Leyde, et, après l'avoir chargée, puis déchargée plusieurs fois de suite avec un arc métallique jusqu'à ce que je n'obtienne plus d'étincelle visible, je fais passer la décharge à travers la grenouille. Vous voyez qu'à chaque contact un seul membre entre en contraction, et cela bien des fois encore : c'est celui qui est tourné vers l'armure extérieure ou négative de la bouteille.

Mais je puis vous faire voir des expériences plus concluantes en employant le courant de la pile et en tenant le courant fermé pendant un instant très-court, de manière qu'on n[e] puisse supposer l'irritabilité du nerf altérée par le passage d[u] courant lui-même.

Pour cela je prépare la grenouille de la façon que j'ai d[é]crite, et je la place à cheval sur les deux verres avec les patt[es] plongées dans l'eau, ou bien je la tiens ainsi étendue, l[es] deux nerfs en contact, comme je l'ai déjà dit, avec les éle[c]trodes de platine et de zinc. Avant de fermer le circuit, j[e] laisse couler une grande partie du cordon immergé dans l[e] rhéostat, jusqu'à ce qu'il n'y ait aucun effet produit par l[a] fermeture du circuit. Alors, pendant qu'un aide diminue tou[t] doucement la longueur du cordon, si nous fermons prompte[-]ment le courant en même temps, nous voyons constammen[t] *la contraction se produire dans le membre dont le nerf est parcouru par le courant direct au moment où l'on ferme le circuit, tandis qu'il n'arrive rien dans la grenouille lorsqu'on ouvre le circuit.* Ce fait peut se répéter plusieurs fois de suite *sur le* même animal.

Voilà donc le phénomène électro-physiologique que j'appellerai élémentaire ou le plus général de tous, parce qu'il est établi par l'expérience d'une manière incontestable, et parce qu'il est le premier et même le seul qui se produise quand on emploie le courant le plus faible possible, et que le nerf est encore doué d'irritabilité au plus haut degré.

Puisque nous en sommes à l'expérience disposée de la manière la plus convenable pour continuer cette étude, voyons maintenant ce qui arrive quand on augmente graduellement l'intensité du courant, c'est-à-dire quand on diminue de plus en plus la longueur du cordon plongé dans l'eau. En opérant ainsi, tandis que la contraction du membre direct continue toujours à chaque fermeture du circuit, nous voyons à un certain moment, quand l'intensité du courant s'est un peu accrue, se produire le second phénomène électro-physiologique, c'est-à-dire *la contraction du seul membre parcouru par le courant inverse quand on ouvre le circuit.*

Pour vous démontrer la nature simple de ces phénomènes, je dois vous montrer qu'ils continuent à se produire, puis cessent, puis reviennent tant que le nerf conserve son irritabilité, selon qu'on fait varier, comme je l'ai dit, l'intensité du courant. Pour bien réussir dans ces expériences, je tiens la grenouille préparée sous la caisse de verre déjà décrite, c'est-à-dire au contact de l'air saturé de vapeur d'eau. De cette façon, je puis vous faire voir, et toujours sur la même grenouille, selon que j'immerge plus ou moins le cordon du rhéostat, tantôt qu'il n'y a plus aucune contraction, quand auparavant on en avait obtenu ou dans un membre seul ou dans les deux membres dans les conditions indiquées ; tantôt que la contraction du membre direct se produit seule à la fermeture du circuit ; tantôt enfin qu'on a cette contraction, et de plus celle du membre inverse à l'ouverture du circuit, tantôt cette dernière seule, si j'ai eu soin de commencer l'expérience avec un courant assez faible pour n'obtenir aucun effet, puis d'augmenter ce courant graduellement, en tenant le circuit fermé et en l'ouvrant seulement après avoir produit cette augmentation. Cette dernière expérience mérite d'être remarquée, parce qu'elle prouve qu'on peut obtenir la contraction du membre inverse à l'ouverture du circuit, sans avoir obtenu la contraction du membre direct à la fermeture du circuit. Je rappellerai que Marianini obtint le premier ce résultat en faisant l'expérience de manière à fermer le circuit au moyen des doigts trempés dans l'eau où plongent les extré-

mités de la grenouille, et en tenant avec l'autre main le rhéophore de la pile. L'eau qui peu à peu pénètre les doigts et les imbibe produit le même effet que le raccourcissement du cordon humide du rhéostat, c'est-à-dire accroît la conductibilité du circuit, et par suite l'intensité du courant.

Pour conclure, la loi électro-physiologique élémentaire se formule ainsi : Le courant électrique le plus faible possible excite le nerf moteur au moment où il commence à agir, s'il le parcourt dans le sens de ses ramifications; quand on en augmente un peu l'intensité, il excite le nerf au moment où il cesse de passer, s'il le parcourt en sens contraire à celui de la ramification.

Je me flatte que tous ceux qui auront pour leur propre compte expérimenté sur ce sujet comprendront la raison des détails, des particularités minutieuses et des répétitions dans lesquelles je suis entré pour obtenir la démonstration d'un fait fondamental et bien établi d'électro-physiologie. C'est un terrain encore si mouvant, l'art d'expérimenter dans ces matières est si difficile par suite des nombreuses causes d'erreur qui s'y introduisent, que je n'ai pas de peine à justifier la méthode que j'ai suivie pour fixer dans l'esprit des jeunes gens les phénomènes les plus importants et les plus généraux de l'électro-physiologie.

Des expériences semblables à celles que je viens de décrire ont été tentées sur des chiens et des lapins vivants, en mettant à découvert sur les deux cuisses une partie assez longue du nerf sciatique, en tenant ces deux nerfs isolés des muscles sous-jacents par les moyens décrits ci-dessus, et en ayant soin de les essuyer. Dans ces expériences aussi, en augmentant le *courant à l'aide* du rhéostat et en l'employant aussi faible que *possible, le* premier phénomène qu'on ait vu se produire est la contraction du membre direct à la fermeture du circuit.

Nous avons déjà dit, en parlant des phénomènes électro-physiologiques en général, qu'en employant des courants intenses et des nerfs irritables, on a les secousses et les contractions musculaires tant à l'ouverture qu'à la fermeture du circuit, quelle que soit la direction du courant dans le nerf. Pourtant, même dans ce cas, on peut distinguer la différence entre les effets du courant selon sa direction. Dans une série d'expériences que j'ai faites il y a quelques années sur ce sujet, en essayant de mesurer avec le dynamomètre de Bréguet les contractions produites par l'électricité, je comparai les effets que produisait un même courant assez énergique, en agissant tantôt sur le nerf par l'introduction du courant direct, tantôt sur le nerf du même animal pris dans l'autre membre et dans lequel on introduisait le courant inverse. A la suite d'un grand nombre d'expériences faites successivement, et en ne tenant jamais le circuit fermé que pour un instant très-court, je m'assurai avec certitude que la contraction éveillée par l'introduction du courant direct dans un nerf mixte et très-irritable était toujours notablement plus forte que celle qu'éveillait dans les mêmes conditions le courant inverse.

Évidemment on peut faire rentrer sous la loi élémentaire de l'électro-physiologie que nous venons d'exposer les anciennes expériences de Marianini, qui prouve qu'en fermant avec les mains immergées dans l'eau le circuit d'une pile à colonne de 60 à 100 éléments, la contraction ou secousse qu'on ressent dans le bras et dans la main qui touche le pôle négatif est beaucoup plus forte que celle qu'on éprouve dans le bras qui touche le pôle positif. En effet, dans cette expérience, il y a, comme dans celles que nous avons décrites, un des bras dans lequel, outre les fibres musculaires, les filaments nerveux sont parcourus dans le sens de leurs ramifications, c'est-à-dire par un courant direct, et c'est justement le membre qui touche le pôle négatif et qui éprouve les plus fortes contractions.

Récemment encore, un physiologiste français distingué, le docteur Chauveau (de Lyon), a prouvé, en tenant les deux électrodes de la pile sur deux points plus ou moins éloignés de deux masses musculaires ou de deux muscles différents de grands animaux vivants, de chevaux et de chiens par exemple, — que la plus grande et souvent la seule contraction qu'on obtienne a lieu dans le voisinage du pôle négatif. Ici encore il doit y avoir des filaments nerveux parcourus par le courant direct; de sorte qu'il y a des contractions excitées directement par l'électricité dans les fibres musculaires, et de plus des contractions éveillées par le courant, dont la plus grande partie parcourt les filaments nerveux dans le sens de leurs ramifications.

J'ai cherché, à l'aide des expériences que je vous ai décrites et même montrées avec des détails minutieux, à vous exposer les phénomènes élémentaires et bien constatés de l'électro-physiologie. Ne perdons pas de vue que nous avons opéré jusqu'ici sur des nerfs mixtes, et par suite sur des fibres motrices, sur des nerfs pris à leur plus haut degré d'irritabilité, mais séparés des centres nerveux, en faisant agir le courant électrique le plus faible possible et en ne prolongeant jamais le passage de l'électricité assez pour pouvoir craindre que l'irritabilité du nerf soit altérée par ce passage. Nous verrons dans la première leçon ce qui arrive dans les nerfs intacts et pris sur l'animal vivant. J'ajouterai enfin que je n'ai pas jugé utile de m'arrêter à ces prétendues périodes électro-physiologiques que Ritter, Marianini, Nobili, avaient introduites dans la science, et qui, après les faits exposés dans cette leçon, ne peuvent plus avoir qu'une valeur historique, ou peuvent tout au plus servir à rappeler à la mémoire la connaissance des effets généraux produits par l'électricité dans les nerfs, selon qu'on emploie un courant plus ou moins fort, ou que le nerf est plus ou moins irritable. Nous savons, je le répète encore une fois, par les expériences que je vous ai montrées, qu'en employant un courant très-fort et un nerf très-irritable, — il est à peine nécessaire de dire que, lorsque l'irritabilité commence à diminuer, on peut dans de certaines limites en compenser la diminution par l'augmentation du courant, — on a des contractions en ouvrant et en fermant le circuit, quelle que soit la direction du courant. La direction du courant n'a un effet déterminé dans son action sur les nerfs, ou du moins cet effet ne se montre immédiatement, que si l'on opère, comme nous l'avons fait, sur des nerfs doués du plus haut degré d'irritabilité possible, et avec des courants assez faibles et d'une durée assez courte pour ne pouvoir jamais altérer cette irritabilité.

Je ne puis terminer cette leçon sans vous montrer une application, — et nous en verrons dans la suite toute l'importance, — de la loi d'électro-physiologie que je vous ai exposée : elle consiste dans l'usage de la grenouille galvanoscopique. Nous avons déjà vu que le nerf de la grenouille est un instrument beaucoup plus sensible au passage de l'électricité que le galvanomètre, surtout pour marquer les variations d'intensité du courant même instantané. Nous pouvons ajouter à

présent que le même nerf peut servir à découvrir la direction des courants électriques très-faibles.

La grenouille galvanoscopique consiste en une jambe de grenouille très-vivace et préparée rapidement, dans laquelle on laisse attaché à la jambe tout le long filament nerveux qui la rattache à l'épine dorsale. Nous verrons plus tard que les muscles de la grenouille ou d'un animal quelconque sont autant d'électromoteurs. C'est pourquoi, si l'on prenait à la main, comme le faisaient Aldini, Humboldt, et beaucoup d'autres, la jambe de la grenouille pour toucher ensuite avec le nerf de cette jambe un corps bon conducteur quelconque en communication avec le sol, l'électricité du muscle traverserait ce nerf pour passer dans le corps de l'observateur et dans le sol, et l'on ne pourrait plus distinguer si l'effet électro-physiologique est dû au muscle de la grenouille ou à l'électricité du corps touché par le nerf. Quand on veut employer avec sécurité le nerf de la grenouille galvanoscopique pour découvrir une source quelconque d'électricité, il faut exclure de la circulation du nerf l'électricité du muscle.

On y parvient facilement en mettant la jambe de la grenouille galvanoscopique sur une feuille de gutta-percha ou dans un large tube de verre; alors on touche les deux pôles ou éléments de la pile supposée avec deux points du filament nerveux. Si la pile existe, s'il y a courant, on verra la grenouille galvanoscopique se contracter, et se contracter quand on touche ou qu'on cesse de toucher suivant la direction du courant dans le nerf, et par suite suivant la position des pôles de cette pile. C'est par ce procédé seulement que nous sommes parvenu à montrer, en excluant la présence de tout métal, l'électricité produite par des actions chimiques très-faibles. Je prends un morceau de coton ou de papier, et je l'imbibe d'une faible solution alcaline, puis je prends un autre morceau de papier ou de coton, et je l'imbibe d'une solution légèrement acide. Je pose ces deux morceaux de papier sur une surface liquide quelconque, en les tenant fort rapprochés et de manière qu'on puisse toucher les deux papiers avec deux points du nerf de la grenouille galvanoscopique supportée par le corps isolant : je vois alors la grenouille se contracter, et elle se contracte quand je touche, si le point du nerf qui est en contact avec le papier acide est le plus éloigné de la jambe, et par suite si le nerf qui touche le papier alcalin est plus voisin de la jambe, parce que le courant, dans ce cas, circule dans l'arc extérieur que forme le nerf en allant du papier acide au papier alcalin. En changeant la situation relative de ces parties, on obtiendrait la contraction au moment où le nerf cesse de toucher les deux papiers.

Nous verrons plus tard une des plus belles expériences d'électro-physiologie, celle par laquelle on prouve que les muscles et les nerfs des animaux vivants ou récemment tués sont des électromoteurs, expérience que l'on fait en employant la grenouille galvanoscopique.

CH. MATTEUCCI,

Sénateur et ancien ministre de l'instruction publique du royaume d'Italie.

— Traduit par L. T. —

VARIÉTÉS.

M. BREHM.

Les Lynx (1).

Notre continent européen, quelque restreint qu'il soit, possède certaines espèces de la famille des Féliens, qui ne le cèdent en rien, sous le rapport des instincts rapaces et sanguinaires, à celles des contrées chaudes, et qui le disputent, par leur taille, à plusieurs chats de ces régions. Nous voulons parler des Lynx, dont on a retrouvé aussi un certain nombre d'espèces dans les autres parties du monde.

Dans les nouvelles classifications zoologiques, on réunit ces animaux en un groupe particulier qui se distingue principalement des Chats proprement dits par les caractères suivants :

Caractères. — La carnassière inférieure est trilobée, tandis que dans les chats elle est simplement bilobée. La pointe des oreilles est ornée d'une touffe de poils rapprochés en pinceau. La longueur de la queue ne dépasse guère celle de la tête, et n'excède pas le quart de la longueur du corps. Ces deux derniers caractères frappent les yeux des personnes les moins expérimentées, et c'est surtout le pinceau de poils des oreilles qui caractérise ce groupe.

Distribution géographique. — Les Lynx étaient répandus jadis sur toute la surface de l'Europe ; maintenant, par bonheur pour notre gibier et pour nos troupeaux, ils sont devenus très-clair-semés, et ne se trouvent guère qu'aux limites extrêmes des régions montagneuses de notre continent, et encore ne les y rencontre-t-on jamais *en grand* nombre.

Mœurs, habitudes et régime. — Faire la description du genre de vie de l'espèce indigène dans nos contrées, c'est donner celle de toutes les espèces du même genre.

LE LYNX VULGAIRE OU D'EUROPE (*Lynx vulgaris*).

Le Lynx vulgaire, généralement ainsi nommé en raison de sa grande extension géographique, est un animal de bien plus grande taille qu'on ne se le figure communément. C'est au musée de Christiania que je me suis rendu compte, pour la première fois, des dimensions que peut atteindre un Lynx. Nos collections allemandes ne nous offrent ordinairement que des sujets de moyenne grandeur.

Caractères. — Un Lynx (fig. 109) arrivé à sa pleine croissance n'est guère moins gros que les Léopards (fig. 110) dont nous pouvons voir des individus vivants dans les baraques de foires. Mais il est un peu plus ramassé et plus haut sur jambes que ce dernier animal. La longueur du corps atteint facilement 1 mètre et peut quelquefois aller à 1^{m},30 ; celle de la queue est de 16 à 24 centimètres ; sa hauteur, au garrot, est de 65 centimètres. Le poids du Lynx mâle peut aller jusqu'à 30 kilogrammes, et même arriver à 45, d'après ce que l'on m'a dit en Norvége ; on abat rarement, en chasse, des individus qui pèsent moins de 20 kilogrammes.

La structure entière du corps de l'animal se présente sous

(1) Voyez ci-dessus, page 159, numéro du 8 février 1868. — Ce nouvel article est extrait de la quatrième série de l'ouvrage de M. Brehm, *La vie des animaux illustrée : les Mammifères.*

un aspect étonnant de puissance musculaire, qui trahit au premier coup d'œil la force et la vigueur extrême dont il est doué. Les membres ne sont pas moins vigoureux, et la queue, par son épaisseur, est en rapport avec les autres parties de l'animal. Les griffes puissantes dont les doigts sont armés donnent au Lynx un cachet tout particulier de force, et rappellent d'une manière frappante celles du Tigre ou du Lion.

Les oreilles sont assez longues, terminées en pointe, et ornées, à leur extrémité, d'un pinceau noir, d'environ 5 centimètres de longueur, et composé de poils dressés et rapprochés les uns des autres. La lèvre supérieure est garnie de plusieurs rangs de soies longues et roides. Le corps est enveloppé d'une fourrure épaisse et moelleuse, qui s'allonge à la face, et y forme une barbe épaisse qui, retombant en pointe



Fig. 109. — Le Lynx d'Europe.

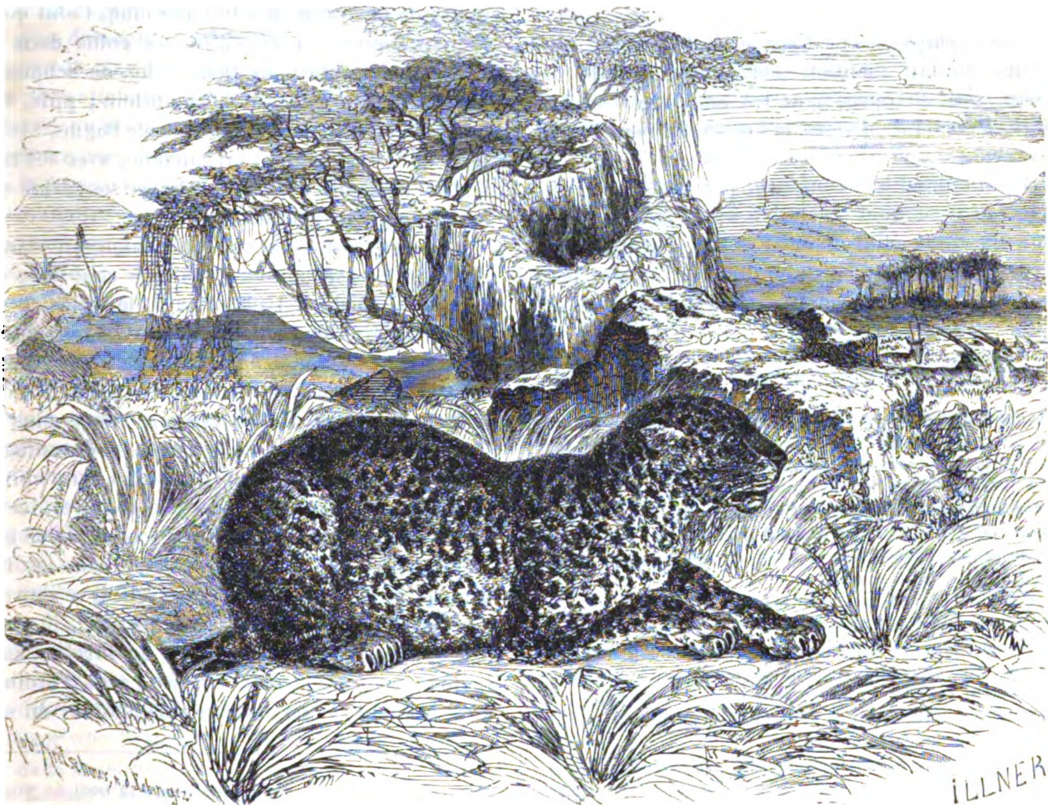


Fig. 110. — Le Léopard d'Afrique ou grande Panthère.

de chaque côté de la tête, contribue, avec les pinceaux des oreilles, à donner au Lynx une physionomie des plus étranges.

La couleur du pelage est d'un gris roussâtre mêlé de teintes blanchâtres à la partie supérieure du corps, avec des mouchetures nombreuses d'un rouge ou d'un gris foncé sur la tête, le dos et le cou. Le dessous du corps, le devant des jambes, le haut de la gorge, les lèvres et le tour des yeux sont blancs. La face est fauve clair ; l'oreille est blanche à l'intérieur, avec une bordure noire et brune sur les côtés. La queue, également épaisse partout et partout bien fourrée, est noire depuis l'extrémité jusque vers le milieu, et ensuite obscurément annelée par des bandes qui s'oblitèrent à la partie inférieure.

En été, le pelage est court et d'un fauve plus ardent ; en hiver, les poils sont plus longs et la fourrure prend une teinte grisâtre. Du reste, on peut dire que la nuance générale varie de la manière la plus capricieuse, et que les mouchetures elles-mêmes sont complétement différentes suivant les individus. Il résulte de ces différences qu'on a voulu distinguer plusieurs espèces de Lynx ; mais on s'est convaincu, dans ces derniers temps, que ce critérium était inadmissible, car on a trouvé, dans une même portée, des petits dont la fourrure présentait toutes les nuances, toutes les modifications et toutes les dispositions possibles.

La femelle paraît se distinguer constamment du mâle par une teinte d'un fauve plus ardent, et par des mouchetures moins tranchées.

Distribution géographique. — Le Lynx était déjà connu des anciens, car Pline en fait mention sous le nom qu'il porte encore : il parut, sous Pompée, dans les amphithéâtres des Romains. C'était de la Gaule d'alors, la France d'aujourd'hui, qu'on l'avait amené pour la première fois à Rome.

Ce n'était pas un animal très-connu, et par conséquent la superstition pouvait se donner beau jeu à son égard. Aussi croyait-on que ses yeux étincelants voyaient à travers les murs (1), que son urine se changeait en une pierre précieuse appelée *lyncurius* (2), et l'on racontait encore d'autres fables sur son compte.

Dans l'Allemagne, il était bien connu partout ; il devait même y être assez commun, car nous voyons qu'il en est fait mention dans de nombreux écrits. Il n'était pas très-rare encore dans l'Allemagne centrale, vers le dernier quart du XVIII[e] siècle, puisqu'on tua cinq individus de cette espèce, dans la forêt de Thuringe seulement, depuis l'année 177 jusqu'à 1796. Au rapport de Gloger, un Lynx fut encore abattu dans la Silésie supérieure, au commencement de ce siècle-ci ; depuis cette époque, on n'en a plus tué que trois dans toute l'Allemagne : deux en 1817 et 1818, dans le Harz, et le troisième en 1846, dans le Wurtemberg.

Il en est tout autrement dans les régions de montagnes et dans le nord de l'Europe.

D'après Tschudi (1), « le Lynx serait plus commun en Suisse que le Chat sauvage ; il y a trente ans qu'il n'était pas rare d'en tirer sept ou huit par an dans les Grisons seulement : de nos jours, c'est à peine si l'on en tire un par an dans la Suisse tout entière. Le Lynx est connu en Suisse sous le nom de *Thierwolf*.

« Les cantons situés au sud-est, dit encore Tschudi, en hébergent encore le plus grand nombre ; puis viennent les hautes forêts des Alpes, du Valais, du canton de Berne, et en troisième ligne seulement les forêts d'Uri et celles de Glaris, où le Lynx est devenu très-rare. Il n'y a plus de Lynx dans le Jura vaudois, où vit encore le chat sauvage ; ils sont si rares dans les Alpes vaudoises des environs de Bex, que depuis quarante ans on n'en a tué que cinq. Celui qui veut chasser le Lynx trouvera à satisfaire ses goûts dans l'Engadine, le Prétigau, les vallées de Domleschg, de Schame, dans la Bregaglia, dans la vallée d'Oberhalbstein ; puis, au Valais, dans les vallées de Viège, de Conches, de Bagne, et dans la sombre forêt de la vallée de Tourtemagne, avec ses milliers de mélèzes et de sapins desséchés, et avec ses ravins que n'a jamais foulés un pied d'homme.

» Le Lynx est beaucoup plus commun dans le nord de l'Europe. En 1835, on en a tué trois cent seize sur les chasses royales de Suède. » Dans ce pays, le vulgaire distingue plusieurs variétés de Lynx d'après la couleur de la robe ; l'une d'elles y porte le nom de *Katlo*, une autre celui de *Raeflo*.

En Norvége, où l'espèce est généralement connue sous le nom de *Gaupe*, on en tue chaque année plus de vingt individus, et en Russie on en détruit bien davantage encore.

Mœurs, habitudes et régime. — Le Lynx n'habite que les montagnes, dans les forêts les plus sombres, les plus épaisses, ou dans des parages déserts et rocheux, là où il peut se réfugier dans des cavernes ou se cacher dans les hautes herbes, dans les taillis et les fourrés. Souvent il se retire dans des terriers de Renard ou de Blaireau. Le jour, il se tient dans des endroits solitaires, où il se croit en sûreté ; au sommet des rochers, sur des troncs d'arbres, assis d'ordinaire sur une forte branche, à une assez grande hauteur du sol. Il peut, en

(1) C'est de là qu'est venue l'expression : *Cet homme a des yeux de Lynx*. Mais il y a un jeu de mots dont je ne saurais fixer la date. Quand une personne peut apercevoir nettement des objets qui, en raison de la grande distance ou du peu de lumière, ne seraient pas distincts pour le commun des hommes, on dit qu'elle a la vue *perçante* : c'est probablement ce que l'on aura d'abord dit du Lynx ; puis quelqu'un aura pris au propre l'expression figurée, et aura supposé qu'en effet sa vue *perçait* à travers les murs.

Cette fable, au XV[e] siècle, conservait encore quelque crédit : cependant elle était très-certainement appréciée à sa juste valeur par les savants qui fondèrent en Italie l'*Académie du Lynx*. Aussi, en adoptant cette dénomination, ils voulurent seulement indiquer, par l'allusion à une fable généralement connue, qu'ils se proposaient, dans leurs investigations, de ne point s'attacher à la superficie, mais de voir autant qu'il se pourrait jusqu'au fond des choses.

(2) C'est une idée étrange sans doute, mais il est aisé de prouver qu'elle peut être encore ajoutée à la liste, déjà si longue, des erreurs qui doivent leur naissance à l'équivoque.

L'ambre jaune ou succin se pêchait autrefois, comme il se pêche encore aujourd'hui, sur les côtes de la Prusse, et de là il parvenait, après avoir passé par une foule de mains, jusqu'en des contrées très-éloignées, car il était généralement recherché comme objet d'ornement. Une partie de celui qui se recueillait chaque année se transportait par terre à travers l'Allemagne, et arrivait des bords de la Baltique à ceux de la Méditerranée, au fond du golfe de Gênes. C'était là, en Ligurie, que venaient le chercher les navigateurs de l'archipel grec, qui, pour cette raison, le désignaient sous le nom de *pierre ligurienne*. Mais, parmi les personnes qui, en Grèce, portaient cette brillante substance, façonnée soit en bijoux, soit en amulettes, beaucoup ne s'occupaient guère de savoir en quels lieux on se la procurait. L'épithète de *ligurienne* donnée à la pierre ne leur rappelant donc rien, puisqu'ils ne savaient pas qu'il y eût un pays appelé Ligurie, ils l'altérèrent un peu et en firent *lyngurienne*, ce qui avait un sens pour eux et semblait indiquer que la pierre venait du Lynx.

(1) Tschudi, *les Alpes, description pittoresque de la nature et de la faune alpestres*. Berne, 1859, page 487.

effet, grimper sur les arbres, et sauter de là sur les animaux qui passent. Accroupi sur une branche, il a, comme le Chat sauvage (fig. 111), l'habitude de se dissimuler si bien, qu'on ne l'aperçoit que difficilement.

Ses mouvements sont assez lents; mais il les exécute avec énormément de force et sans fatigue; ses sens sont très-développés et en rapport avec sa vigueur. Il entend très-bien; son odorat est plus fin que celui des autres chats; sa vue perçante était passée en proverbe dès les temps les plus anciens. Sa voix est éclatante et ressemble assez au hurlement du chien.

Dans notre Europe si pauvre en gibier, le Lynx est un carnassier des plus nuisibles. Sa grande force lui permet de s'attaquer à tout gibier, petit et gros : dans l'Europe centrale, il chasse le cerf et le chevreuil; dans le Nord, le renne et même l'élan. Il rampe jusqu'auprès de sa proie, s'élance sur elle en trois ou quatre bonds, chacun de 4 mètres à 4 mètres et demi, la mord à la nuque, lui enfonce profondément ses griffes, s'y attache fortement, et de ses dents tranchantes lui coupe les artères du cou. Il reste assis sur sa proie jusqu'à ce qu'elle meure. On cite des exemples qui attestent que la victime a emporté de la sorte son terrible cavalier plus loin que celui-ci ne l'aurait voulu. Un journal norvégien raconte qu'un troupeau de chèvres qui paissait dans la forêt rentra un jour à la ferme, dans le plus grand désordre et la plus grande frayeur : une des chèvres portait sur son dos un jeune Lynx, lequel lui avait engagé ses griffes si avant dans le cou, qu'il ne pouvait s'en détacher. Effarée, la chèvre courait çà et là, lorsque survint le fils du fermier qui, d'un coup de feu, tua le carnassier, sans atteindre la chèvre.

Le Lynx ne dévore qu'une petite partie d'un grand animal (deux à trois livres environ) dont il vient de se rendre maître, et abandonne le reste aux Loups et aux Renards, qui ne tardent pas à le reconnaître pour leur pourvoyeur et à le suivre. Le mal qu'il cause à l'homme est plus grand qu'on ne pourrait le croire d'abord: il ne se contente pas de tuer une bête; dans sa rage sanguinaire, aveugle et insatiable, il en égorge autant qu'il peut. Bechstein rapporte qu'en Thuringe, un seul Lynx tua trente moutons dans une nuit; et Schinz parle aussi d'un autre Lynx qui, en Suisse, égorgea en peu de temps de trente à quarante pièces de petit bétail. Tschudi a décrit ses mœurs on ne peut mieux, et je cite ici le passage de l'œuvre modèle de cet illustre naturaliste.

« Dans les Alpes, dès que la présence d'un Lynx est soupçonnée, on fait l'impossible pour s'emparer de ce pillard dangereux et sanguinaire, mais il sait parfaitement se dérober aux recherches. Tant qu'il réussit à trouver sa nourriture dans les forêts et les gorges des hautes montagnes, il n'en sort pas, vit solitaire avec sa femelle, et trahit tout au plus sa présence par des hurlements désagréables, qu'on entend de fort loin. Il ne quitte qu'à la dernière extrémité la solitude qu'il s'est choisie, et se met à l'affût sur une branche, où il se tapit et s'étend tout de son long dans le feuillage qui le cache à demi, sans le gêner dans ses bonds. L'œil et l'oreille au guet, il reste des journées entières immobile, les yeux à demi fermés et dans un état de sommeil apparent, qui n'en est que plus dangereux, car c'est alors qu'il est le mieux au fait de ce qui se passe autour de lui. Le Lynx vit de ruse : il n'a pas l'odorat très-fin, ainsi que tous les chats, et son allure n'est pas assez rapide pour qu'il puisse poursuivre sa proie à la course. Sa patience et l'art avec lequel il sait ramper sans faire de bruit, l'amènent à portée de sa victime. Plus patient que le Renard, il est moins fin; moins hardi que le Loup, il saute mieux et résiste plus longtemps à la famine; il n'est pas aussi fort que l'Ours, mais il est plus observateur et a la vue plus perçante. Sa force réside surtout dans les pattes, les mâchoires et la nuque. Le Lynx sait se rendre la chasse facile et il ne choisit ses victimes que lorsque la nourriture abonde. Tout animal qu'il peut atteindre d'un de ses bonds, qui manquent rarement le but, est perdu et dévoré; s'il a bondi à faux, il laisse l'animal s'enfuir et retourne se tapir à son poste d'observation, sans que rien trahisse son désappointement. Il n'est pas vorace, mais il aime le sang chaud, et cette passion lui fait faire des imprudences. Lorsqu'il n'a rien mangé pendant la journée et qu'il sent l'aiguillon de la faim, il se met en route et fait de grands trajets pendant la nuit. La faim lui donne du courage, le rend plus prudent et développe la puissance de ses sens. S'il trouve un troupeau de chèvres ou de moutons, il s'en approche en se traînant sur le ventre avec des mouvements de serpent, puis il s'enlève d'un bond, tombe sur le dos de sa victime, lui brise la nuque ou lui coupe la carotide d'un coup de dent, et la tue instantanément. Puis il lèche le sang qui coule de la blessure, ouvre le ventre, dévore les entrailles, ronge une partie de la tête, du cou et des épaules, et laisse le reste sur place. Il n'est pas prouvé qu'il emporte et cache en terre les débris de ses repas, au moins cela n'arrive pas dans les Alpes. Le Lynx ne dévore pas les animaux morts et en putréfaction. La manière de lacérer la proie éclaire tout de suite les bergers sur l'espèce du rapace qui décime le troupeau. Souvent il tue successivement trois ou quatre chèvres ou moutons, et lorsqu'il est affamé, il attaque aussi les génisses et les vaches. Le Lynx qui fut tué au mois de février 1813, sur l'Axenberg, dans le canton de Schwitz, avait dévoré en quelques semaines quarante chèvres et moutons.

» En 1814, trois ou quatre Lynx détruisirent pendant l'été cent soixante de ces animaux, sur les montagnes de Simmenthal. Lorsque le Lynx trouve assez de gibier pour assouvir sa faim, il s'en tient aux animaux sauvages et craint de trahir sa présence en s'attaquant aux troupeaux. Il dévore volontiers des chamois; mais, comme ceux-ci ont l'odorat beaucoup plus fin que lui, ils lui échappent d'ordinaire, lors même qu'il cherche à les surprendre près de leurs gîtes ou de leurs rochers salés. Le Lynx a moins de peine à capturer des blaireaux, des marmottes, des lièvres, des gélinottes, des lagopèdes, de grands et de petits tétras; affamé, il chasse aussi aux écureils et aux souris. En Suisse, pendant l'hiver, le Lynx est forcé de descendre dans la région inférieure de la montagne et même dans les vallées, et il cherche à s'introduire dans les étables à chèvres et à moutons, en se frayant un chemin souterrain. On raconte qu'un bouc, voyant sortir la tête d'un Lynx du trou qu'il venait de creuser, lui appliqua de tels coups de cornes, que le ravisseur resta enterré, sans vie, dans son souterrain.

» Les Lynx ne se propagent pas beaucoup. Ils s'accouplent en janvier et en février, sans l'affreux cri des autres espèces du chat, et au bout de dix semaines la femelle met bas, dans quelque grotte bien cachée, ou aussi dans le terrier élargi d'un renard, d'un blaireau, sous une racine ou sous un rocher. Ses petits, au nombre de deux ou trois, sont aveugles. Elle ne tarde pas à leur apporter des souris, des taupes ou de petits oiseaux.

» L'occasion de chasser au Lynx se présente rarement, car

lorsqu'on trouve les restes à demi dévorés des animaux qu'il a surpris, il est déjà fort loin, et dès qu'il se sent chassé, il prend la fuite et se réfugie dans d'autres contrées. Toutefois, quand, par hasard, le chasseur arrive à l'improviste en face du Lynx, l'animal demeure immobile et peut être tiré avec facilité. Il reste tapi sur sa branche, le regard fixé sur celui qui s'approche, absolument comme le Chat sauvage. Si l'on est sans armes, il suffit d'accrocher quelques vêtements à un bâton fiché en terre, et l'on a le temps d'aller chercher son fusil. Le Lynx continue à regarder fixement le mannequin, jusqu'au moment où il tombe frappé à mort. Mais il s'agit de le bien viser ! S'il n'est que blessé, il s'élance contre son ennemi, lui enfonce ses griffes tranchantes dans la poitrine et le mord sans qu'on puisse lui faire lâcher prise. Quelquefois le Lynx commence par fondre sur le chien, et le chasseur a le temps

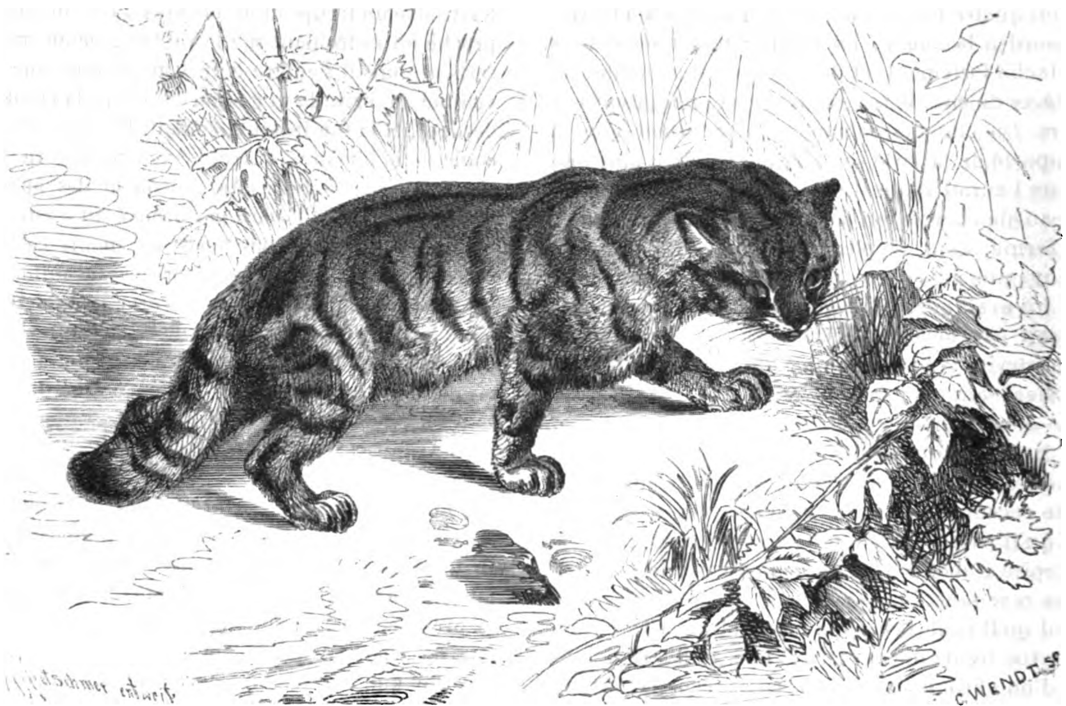


Fig. 111. — Le Chat sauvage.

de lui envoyer un second coup de fusil. Le chien ne peut résister à l'attaque du Lynx, qui est mieux armé et plus agile que lui. Aussi le Lynx ne le craint pas. Quand il en rencontre un, il ne se hâte point de battre en retraite et ne monte guère sur un arbre, mais il s'enfonce dans quelque crevasse inabordable; il peut, à la rigueur, mettre hors de combat deux ou trois chiens de chasse. Les primes accordées pour la destruction du Lynx sont assez élevées. Dans le canton de Fribourg, sa tête vaut près de 200 francs, à Glaris 60, et au Tessin 25. »

Voici ce que m'écrit M. le garde forestier Marz, de Wiesensteig en Wurtemberg, au sujet du dernier Lynx qui fut tué en Allemagne : « L'hiver de 1845 à 46 fut doux, peu neigeux. Un loup, bien connu des forestiers sous le nom d'*Abd-el-Kader*, se montra dans les forêts du Wurtemberg, fut activement chassé et enfin tué. Il ne manifestait que peu sa présence vers le milieu de janvier; mais, à cette époque, je trouvai dans la forêt domaniale de Pfannenhald, près de Reissenstein, les restes d'un chevreuil. Les lambeaux considérables de peau qui étaient arrachés me firent penser à quelque grand carnassier; je sup-posai que c'était un loup et redoublai d'attention. A la fuite des chevreuils, je remarquais bien que quelque chose de sus-pect se passait dans la forêt, mais il n'y avait pas de neige et je ne voyais rien. Dans la nuit du 11 au 12 février 1846, il tomba de la neige, et je commençai aussitôt mes investiga-tions. Le 13 février, je découvris une piste suspecte; le car-nassier avait égorgé un chevreuil dans une clairière, et l'avait traîné sur le flanc de la montagne, vers la ruine de Reissen-stein. Le chevreuil broutait les bruyères lorsqu'il avait été surpris par son ennemi. Celui-ci s'était caché dans un taillis de bois, et s'en était élancé, faisant, comme le montraient les traces sur la neige, un bond de 5 mètres environ. Le chevreuil avait cherché à s'enfuir, mais avait été atteint d'un second bond. Le carnassier l'avait alors tué et traîné plus loin.

» La piste était une énigme pour moi; cependant je reconnaissais que ce n'était pas celle d'un loup. Dans la nuit du 4 au 5 février, survint une tempête, de la pluie, et la neige fut bien vite fondue. Néanmoins, au matin, je me mis en campagne avant le jour, avec deux gardes, pour traquer la bête. Longtemps nous cherchâmes en vain; mais vers l'après-midi nous savions que l'animal se trouvait sur le flanc de la montagne, entre la montée qui va de Neidlingen à Reissenstein, et celle dite la montée des Prêtres. Deux pistes descendaient du côté de la plaine et trois montaient vers le sommet de la montagne; on avait eu beaucoup de peine à les trouver, effacées qu'elles avaient été presque complétement par la tempête. J'envoyai à Neidlingen prévenir les chasseurs, qui me firent répondre qu'ils viendraient lorsqu'on aurait trouvé des traces fraîches. J'étais sûr que l'animal se tenait dans ces parages; il était déjà trois heures de l'après-midi, je ne pus que prier le surintendant de Reissenstein de me donner un de ses domestiques comme rabatteur. Je lui ordonnai de longer si-

lencieusement les rochers, et je me postai avec mes deux gardes. Les premières poursuites restaient infructueuses, mais rocher, et quoique je ne l'eusse aperçue qu'un instant et encore par derrière, cela me suffit pour reconnaître que ce

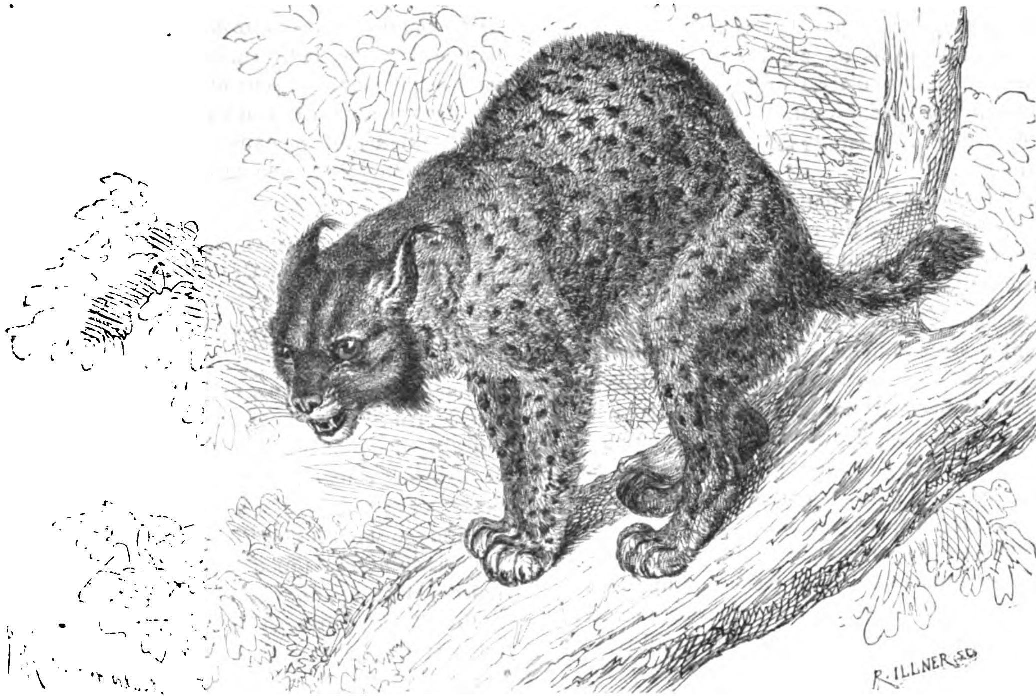


Fig. 112. — Le Lynx pardé.

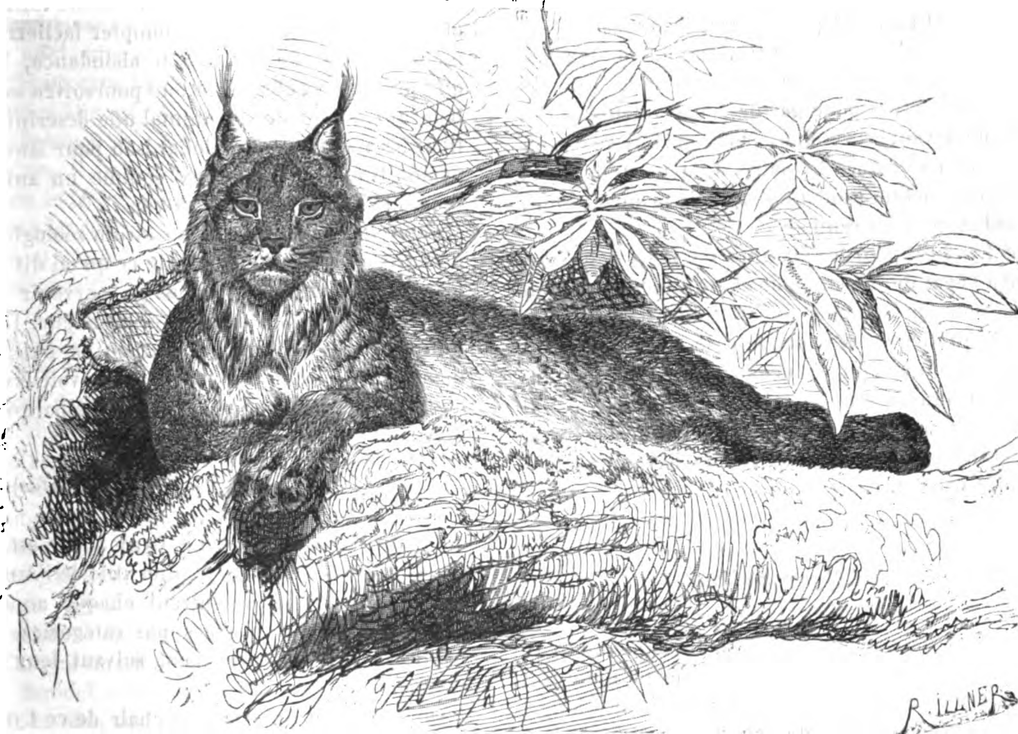


Fig. 113. — Le Lynx du Canada.

j'arrivai enfin à apercevoir la bête tout près de la ruine de Reissenstein, au nord-est de celle-ci. Elle glissait le long du n'était point un loup; je ne savais cependant pas encore quel animal je chassais. Je montai sur un rocher d'où je dominais

un assez grand espace; la bête dut m'apercevoir aussi, car elle se mit tout à coup à fuir; j'eus cependant l'occasion de faire feu deux fois sur elle, à 6 mètres de distance, au moment où elle sautait sur le sol. Elle roula dans un buisson voisin et mourut après avoir fait quelques pas. Je reconnus alors à quel ennemi de mes ouailles j'avais eu affaire. C'était un Lynx mâle, de la taille d'un chien d'arrêt ordinaire, d'une belle robe, admirablement tigré par devant, âgé de quatre à cinq ans, d'après sa dentition; il pesait 24 kilogrammes. Ma balle l'avait frappé au cœur.

» Plus tard, je pus encore reconnaître qu'il avait établi son repaire dans une petite caverne du rocher, vers l'angle nord-ouest de la ruine. Ce repaire était très-bien choisi; l'animal y était au sec et parfaitement caché. »

Captivité. — Les jeunes Lynx, lorsqu'on parvient à s'en procurer, ce qui semble assez difficile si l'on en juge par leur rareté dans les ménageries, où l'on voit si fréquemment des féliens bien plus redoutables, tels que des lions, des tigres; les jeunes Lynx, disons-nous, s'apprivoisent assez bien, autant du moins qu'un pareil carnassier peut s'apprivoiser, et l'on peut les laisser courir en liberté dans les maisons, sans crainte de les perdre; cependant, d'après Tschudi, ils finissent par devenir désagréables par la persistance qu'ils apportent à flairer tous les objets auxquels ils ne sont pas accoutumés.

Le même auteur rapporte que les Lynx apprivoisés finissent par mourir d'obésité, et que ceux qui vivent en liberté ne paraissent pas dépasser l'âge de quinze ans.

Les chats, lorsqu'il y a un jeune Lynx dans une maison, ne restent pas plus à côté de lui que les chiens à côté d'un jeune loup.

Usages et produits. — La peau du Lynx est une des fourrures les plus belles et les plus estimées; malheureusement les poils en sont roides et tombent par l'usure. Une peau coûte environ 50 francs. Les plus belles, qui viennent de Sibérie, sont payées sur les lieux mêmes de 20 à 50 francs, car les riches Iakoutes s'en servent pour garnir leurs vêtements. La peau des pattes de devant est vendue à part; on l'enlève et l'on en retire encore 10 à 15 francs la paire. Une peau de Lynx vaut trois peaux de zibeline (sans museau), six peaux de loup, douze de renard, cent d'écureuil.

La chair de Lynx est pour les Iakoutes un mets délicieux, qu'ils estiment à l'égal de la viande de cheval. Cela peut nous étonner, mais nous le sommes encore plus d'apprendre, d'après Tschudi, que les Suisses mangent le Lynx avec plaisir. Kobell rapporte qu'au congrès des princes à Vienne, plusieurs fois on vit figurer sur la table du rôti de Lynx; il ajoute que, en 1819, on reçut à Ettal ordre de tuer des Lynx, la viande en ayant été ordonnée au roi de Bavière comme remède contre le vertige.

Le Lynx pardé (*Lynx pardinus*).

Caractères. — Le Lynx pardé (fig. 112) se distingue du Lynx commun par une taille plus faible (son corps ne mesurant que 80 centimètres et la queue 15), par des favoris très-longs, et surtout par les mouchetures de son pelage. Sa robe est roux vif; le corps est marqué de taches noires, allongées; les favoris sont roux et noirs en haut, blancs en bas; les oreilles et les pinceaux de poils qui les terminent sont noirs, avec de grandes taches; des bandes longitudinales noires se montre[nt] au cou; le ventre est blanc, et la queue tachetée de fauve [et] noire au bout.

Distribution géographique. — Le Lynx pardé remplace [le] Lynx commun dans l'Europe méridionale: il habite la Sardaigne, la Sicile, la Grèce, la Turquie, l'Espagne; il est conn[u] dans ce dernier pays sous le nom de *Lobocerval*, et bien d[es] histoires y ont cours, touchant sa force et sa férocité. Il e[st] très-fréquent, dit-on, dans les grandes forêts des plaines d[e] l'Estramadure; je n'en ai cependant vu aucun pendant l[e] séjour que j'y fis.

Le Lynx du Canada (*Lynx canadensis*).

Caractères. — Celui-ci (fig. 113) est un peu plus faible que son congénère européen; il ne mesure que rarement 1 mètre de long, et sa queue n'a que 51 centimètres. Sa fourrure est plus courte, mais plus épaisse que celle du Lynx d'Europe. Les poils du dos sont plus foncés, la pointe étant annelée de gris et de brun; ceux des flancs sont gris à la racine, blanc rougeâtre à l'extrémité. Il a le ventre et la face interne des pattes d'un blanc sale; les oreilles sont bordées de blanc, les joues tachées de noir; les moustaches, en partie blanches, en partie noires; la queue, d'un blanc rougeâtre, avec le bout noir.

Distribution géographique. — Il habite l'Amérique du Nord, au nord des grands lacs, à l'est des montagnes Rocheuses.

Mœurs, habitudes et régime. — Il y vit dans les forêts comme le Lynx d'Europe, mais il n'en a ni la force ni la férocité. D'après Richardson, il est lâche, n'attaque pas les grands mammifères, ne chasse que les lièvres, les petits rongeurs, les petits oiseaux. Il fuit devant l'homme et devant les chiens; s'il est forcé, il dresse ses poils, comme tous les chats, gronde et menace, mais il se laisse dompter facilement et assommer même à coups de bâton. Son abondance, le peu de danger que présente sa chasse, le font poursuivre activement. Audubon, qui donne de cet animal une description très-étendue, tient les assertions de Richardson pour fausses, au moins en partie. Il présente ce Lynx comme un animal fort, dangereux, et sachant défendre sa vie.

Captivité. — Nous avons au Jardin zoologique de Hambourg un Lynx du Canada qui justifie ce qu'en dit Audubon. Malgré tous nos efforts, nous n'avons pu parvenir à l'apprivoiser. Il est tranquille, mais sombre et grondeur. Le jour, il se tient immobile sur sa branche d'arbre; la nuit, il marche lentement dans sa cage. Jamais on ne le voit, comme les autres chats, sauter sans nécessité. Il est plus paresseux que ses congénères.

Le Lynx rouge (*Lynx rufus*).

Usages et produits. — Le Lynx rouge est, avec le Lynx du Canada, le chat sauvage le plus utile de l'Amérique. Plusieurs milliers de ses peaux entrent chaque année dans le commerce. Elles sont classées par catégories, et différemment baptisées par nos pelletiers, suivant leur couleur et leur finesse.

On mange en Amérique la chair de ce Lynx. Audubon déclare cependant qu'il préférera toujours un morceau de buffle à un rôti de Lynx, quelque bien apprêté qu'il soit.

Le Lynx caracal ou a oreilles noires (*Lynx caracal* ou *melanotis*).

Parmi les Lynx du Sud, c'est-à-dire parmi ceux qui habitent les régions tempérées ou torrides de l'Asie et de l'Afrique, le Caracal nous apparaît comme un véritable enfant des steppes et du désert (fig. 114).

Caractères. — Il n'atteint pas la taille du Lynx du Nord, et n'a que 65 centimètres de long, mais sa queue en a 27. Le nom de *Caracal* est un nom turc qui signifie *oreilles noires*, et c'est en effet un des caractères de l'espèce. Le Caracal diffère beaucoup des autres Lynx ; aussi en a-t-on voulu faire un type générique. Les différences ne sont cependant pas assez considérables pour motiver cette séparation. Considérons dans quelles conditions de lieu et de climat vit le Caracal, et voyons comment il leur est approprié. Véritable habitant du désert, il est plus svelte, plus élancé que les Lynx du Nord ; plus haut sur pattes, et par conséquent mieux taillé pour une course rapide, ses oreilles sont plus grandes, mieux disposées pour recevoir les sons lointains. Sa couleur est la livrée du désert, c'est-à-dire un fauve jaunâtre ou brun rougeâtre plus ou moins foncé, sans taches, tirant sur le blanc sous la gorge et sous le ventre, interrompu par une tache noire à la lèvre supérieure, et par une raie noire qui s'étend de l'œil à l'angle nasal ; ses oreilles sont également noires.

Cette couleur est parfaitement convenable pour masquer le Caracal dans ses pérégrinations nocturnes ; car elle l'harmonise avec le milieu dans lequel il vit : la même conformité se remarque d'ailleurs chez tous les chats. Les Lynx du Nord, qui habitent les forêts, ont une teinte générale analogue à celle des troncs et des branches, et au gris des parois rocheuses. Le jeune Caracal est moucheté ; l'adulte ne l'est plus, et cette teinte uniforme est en accord parfait avec les localités qu'il habite. En effet, une bête rampant sur le sable unicolore du désert s'apercevra bien mieux dans la nuit si sa robe est tachetée que si elle est uniforme.

Distribution géographique. — La zone de dispersion du Caracal est considérable. Il habite toute l'Afrique, l'Asie occidentale, les Indes ; on le trouve dans les steppes comme dans le désert, jamais dans les forêts.

Mœurs, habitudes et régime. — Ses mœurs ressemblent à celles de ses congénères. Il chasse les petits mammifères et les oiseaux du désert, mais il s'attaque aussi aux antilopes ; c'est ce que m'ont assuré bien des fois les Arabes, qui le nomment *Khut el Chala*. Il est d'ailleurs connu depuis longtemps en Asie, surtout dans les Indes, où on le dresse à la chasse des antilopes, des lièvres, des lapins. On dit aussi qu'il suit le lion pour se repaître des restes de sa proie, et qu'il forme pour chasser des meutes formidables. Cela est faux : jamais je n'ai entendu raconter rien de semblable en Afrique ; les habitants du désert, fort au courant des mœurs des animaux, ne m'auraient pas tû ce fait s'il eût été vrai. Ce qui me semble également extraordinaire, c'est que l'on puisse apprivoiser cet animal et le dresser à la chasse.

Captivité. — Le Caracal serait, d'après mes observations, le plus féroce, le plus farouche de toute la famille. Je l'ai souvent vu en captivité, et mon ami Heuglin, qui en a conservé un longtemps, m'a raconté bien des actes de sa vie captive. D'après toutes les observations, le Caracal serait un vrai monstre de rage et de férocité. Il suffit de s'approcher de la cage où il paraît tranquille pour réveiller toute sa colère. Il se dresse, menace de s'élancer sur le visiteur, cherche à l'atteindre de ses griffes acérées, ou bien il se couche au fond de sa prison, abaisse ses longues oreilles, rétracte les lèvres, gronde et grogne sans cesse. Ses yeux étincelants et pleins de rage sont fixés sur le spectateur, et l'on comprend alors que les anciens aient attribué à ces yeux des propriétés magiques ; car c'est bien le Caracal que les Grecs et les Romains ont connu d'abord, et c'est bien lui qui a donné lieu aux fables auxquelles nous avons fait allusion (p. 464). Dans aucune ménagerie on n'est arrivé à dompter cet animal ; à peine a-t-on pu obtenir que le gardien entrât dans sa cage. On donna à un Caracal un grand chien comme compagnon de captivité ; il se précipita sur lui, le mordit en poussant des cris et des grognements terribles, et, malgré la défense courageuse et vigoureuse du chien, il le renversa après un court combat, et lui déchira la poitrine. Il n'est pas besoin d'exemple plus frappant pour montrer la férocité de cette bête.

Le Caracal se distingue des Lynx du Nord par la longueur de sa queue. Ce caractère se prononce encore plus dans les espèces que nous allons étudier, et qui forment ainsi transition entre les vrais Lynx et les chats à longue queue.

Le Lynx botté (*Lynx caligatus*).

Caractères. — Ce Lynx (fig. 115) a 65 centimètres de long ; sa queue mesure à peu près la moitié de son corps. Ses oreilles sont longues, pointues et encore surmontées d'un petit pinceau de poils ; sa robe est variable, selon le sexe et l'âge. Les mâles sont d'un gris bleuâtre ou d'un gris de cendre, mêlé et tacheté de teintes plus foncées ; les femelles ont un pelage moins foncé que celui des mâles et tacheté de fauve rougeâtre ; les jeunes sont marqués de bandes noires. Le ventre est blanc rougeâtre ou ocre pâle, la gorge fréquemment blanche, le museau fauve ; les joues présentent souvent deux raies rouges et noires ; les oreilles sont d'un roux vif à l'extérieur, blanches à l'intérieur ; les pattes portent des raies transversales noires, qui disparaissent avec l'âge ; la queue est annelée de blanc et de noir à l'extrémité.

Distribution géographique. — Le Lynx botté habite les forêts des montagnes de l'Afrique orientale, depuis le Cap jusqu'à l'Abyssinie, de l'Asie occidentale et des Indes.

Mœurs, habitudes et régime. — On ne sait rien des mœurs de cet animal.

Le Lynx des marais. — (*Lynx chaus.*)

Caractères. — Comme le Caracal, le Lynx des marais (fig. 116) est élancé, haut sur jambes ; mais il a la queue plus longue et le pinceau des oreilles plus petit. Sa fourrure est épaisse, gris jaunâtre, avec des bandes confluentes plus foncées. Il a une raie noire qui va du nez à l'œil ; les lèvres sont bordées de noir ; une tache blanche règne au-dessus et au-dessous de l'œil ; les oreilles sont d'un gris brun, à pointe noire ; le ventre est jaune ou ocre clair, ou même blanchâtre.

Le corps mesure 65 centimètres de long, et la queue 22 environ.

Distribution géographique. — Le Lynx des marais habite les forêts marécageuses des bords de la mer Caspienne, de la mer d'Aral, de la Perse, de la Syrie, de l'Égypte, de la Nubie et de

l'Abyssinie ; je l'ai souvent vu dans la vallée du Nil. Il n'est pas rare en Égypte, sans s'y montrer cependant fréquemment.

pu voir. Il habite les lieux marécageux et vit au milieu d[…] roseaux et dans les emblavures, sans crainte d'y être faci[…]



Fig. 114. — Le Lynx caracal.

Mœurs, habitudes et régime. — Par ses mœurs, le Lynx des marais se rapproche plus des chats que des autres Lynx. Jamais il ne grimpe sur les arbres, du moins d'après ce que j'ai

ment troublé. Les vastes champs couverts de blé des bords […] Nil, qui ne sont, par conséquent, pas artificiellement irrigu[…] de temps en temps, sont ses repaires de prédilection. On […]

voit encore dans ces espaces étendus couverts d'une graminée assez haute, à feuilles tranchantes, l'alfa (*Poa cynosuroides*); il trouve enfin des retraites dans les parties sèches des ma-



Fig. 115. — Le Lynx botté.



Fig. 116. — Le Lynx des marais.

rais, dans les haies de roseaux qui longent les canaux. Je traversais, un jour, un jardin tout près de la ville d'Esneh, lorsque la tête d'un chat qui sortait d'une touffe d'herbes me frappa par sa grosseur. Le reste du corps était caché. Par curiosité, bien plus que dans l'idée que je me trouvais en face d'un chat sauvage, je fis feu sur la bête, qui ne faisait pas grande attention à moi. Elle fit encore quelques bonds et mourut; je m'aperçus alors, avec surprise, que j'avais tué un Lynx des marais, un mâle adulte. Plusieurs fois, depuis, j'ai rencontré l'espèce. Je vis un jour un individu se chauffant au soleil, au milieu des roseaux; je le tirai et le blessai, mais il parvint à m'échapper. Tous les autres que je pus entrevoir s'enfuirent sans me laisser approcher à portée de fusil.

Le Lynx des marais rôde jour et nuit, en cherchant sa proie. Il s'approche tout près des villages; il aime à fréquenter les grands jardins qui les environnent. Pour l'apercevoir, ou au moins pour remarquer sa piste, il ne faut pas longtemps. Il suffit de diriger un regard attentif sur les bords des champs de blé, sur les sillons et les sentiers qui les traversent. Il rampe silencieusement comme les chats, au milieu des herbes qui le cachent; de temps à autre il s'arrête et écoute. Comme nos chats domestiques, il dirige ses oreilles dans toutes les directions; il agite la queue, comme tout chat qui chasse tranquillement; il observe avec un regard distrait. L'ouïe paraît plus lui servir que la vue; au repos même, il a les oreilles continuellement en mouvement. Au moindre bruit, il s'arrête, relève la tête; après quelques moments rapides, il incline les oreilles vers l'endroit d'où vient le bruit, se baisse, disparaît dans les herbes, rampe sur le ventre, s'approche de sa proie, et l'atteint le plus souvent. On voit quelquefois une bête bondir subitement du milieu des herbes et disparaître aussitôt : c'est le Lynx des marais qui s'est élancé sur quelque oiseau qu'il a levé. Il se nourrit de souris, de perdrix, d'alouettes, de pluviers et d'autres oiseaux de taille petite et moyenne. Dans les jardins, il vole aux paysans leurs poulets et leurs pigeons ; dans les champs, il chasse le lièvre; sur les confins du désert, la gerboise. Jamais il ne s'attaque à un animal plus considérable; aucun fellah, du moins, ne m'a signalé le fait. Il fuit devant l'homme, dès qu'il l'aperçoit; et le Lynx même que j'ai blessé n'a pas essayé de sauter sur moi. Les Arabes, cependant, le craignent comme un animal redoutable, et, ce qui est plus ridicule, ils ont inspiré cette même terreur aux Européens. Mon domestique n'osa faire feu sur un superbe Lynx qu'il avait fait partir d'un champ de blé. Un compagnon de voyage de Bogumil-Goltz crut voir un lionceau en apercevant un de ces Lynx. Pour moi, je suis persuadé que le Lynx des marais est un carnassier nullement dangereux; je crois même qu'il est aussi utile que nuisible.

Captivité. — Le Lynx n'a presque pas été observé en captivité. Un individu que l'on essaya de conserver ne mangea rien pendant douze jours, rongea ses fers, et même ses pattes de devant par lesquelles il était attaché. Un autre vécut trois mois, se nourrissant de poissons, mais écumant toujours de rage. C'est là tout ce que nous en savons.

BREHM.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Mort de M. Pouillet.

L'Académie des sciences vient de faire une nouvelle perte. M. Pouillet, dont la santé donnait depuis quelque temps déjà des inquiétudes, vient de succomber.

Claude-Servais-Mathias Pouillet était né à Cuzance, dans le département du Doubs, le 16 février 1791 ; il était, par conséquent, dans sa soixante-dix-huitième année. Il entra en 1811 comme élève à l'École normale, où il devint bientôt répétiteur, et plus tard maître de conférences de physique. Il fut nommé ensuite professeur de physique au lycée Bourbon, aujourd'hui Bonaparte. En 1827, le duc d'Orléans, qui allait bientôt devenir Louis-Philippe, le chargea d'enseigner la physique à son fils le duc de Chartres, et plus tard à ses autres fils.

En 1829, il devint professeur de physique au Conservatoire des arts et métiers, et fut nommé sous-directeur de cet établissement. Après la révolution de juillet, en 1831, il succéda à Dulong dans une des chaires de physique de l'École polytechnique ; mais il abandonna bientôt cette chaire pour devenir professeur de physique à la Sorbonne, et fut nommé directeur du Conservatoire des arts et métiers. Son enseignement, à la Sorbonne, jeta un très-grand éclat. Le 17 juillet 1837, il entra à l'Académie des sciences, dans la section de physique, et fut nommé officier de la Légion d'honneur.

Les anciennes relations de M. Pouillet avec la famille d'Orléans lui donnèrent, dans l'enseignement scientifique, une influence dont il n'usa peut-être pas assez. Elles le désignaient naturellement pour jouer un certain rôle politique. Il fut élu député par un des collèges du Jura, et il soutint toujours par ses votes le ministère de M. Guizot.

La révolution de février 1848, en écartant M. Pouillet du domaine de la politique, respecta entièrement sa haute position scientifique. Mais un incident regrettable vint la compromettre quelque temps après, sous la présidence du prince Louis-Napoléon. L'expédition française envoyée à Rome en 1849 *pour rétablir* le pape souleva une émeute à Paris, le 13 juin. *M. Ledru-Rollin*, suivi de quelques députés et d'un certain nombre d'artilleurs et d'ouvriers, vint s'établir au Conservatoire des arts et métiers pour organiser une résistance armée. Les gardes nationaux l'en chassèrent bientôt; il s'échappa par les jardins, et c'est à partir de ce moment qu'il dut quitter la France. Mais on accusa le directeur du Conservatoire des arts et métiers d'avoir laissé envahir par l'émeute l'établissement confié à sa garde, et M. Pouillet fut destitué. Il écrivit un mémoire pour se justifier, et montra que ses fonctions purement scientifiques de directeur du Conservatoire lui imposaient avant tout le devoir de veiller sur les collections précieuses qu'il renferme, et d'éloigner autant que possible les chances de collisions qui pouvaient les compromettre.

Malgré les événements du 13 juin 1849, M. Pouillet était resté professeur de physique à la Sorbonne. Mais, après *le coup* d'État du 2 décembre 1851, il refusa de prêter serment au nouveau régime, et fut en effet considéré comme démissionnaire.

M. Pouillet a publié un Traité de physique et de météorologie, qui a obtenu un légitime succès ; et il a écrit plus tard, dans les loisirs de la retraite que lui avaient faits les événements politiques, des Éléments de physique à l'usage des gens du monde.

Ses recherches scientifiques ont porté particulièrement sur l'électricité et sur la chaleur. On lui doit l'Instruction pour la construction et la pose des paratonnerres, qu'il compléta en 1855, dans un Rapport à l'Académie des sciences; et il rédigeait encore, l'année dernière, un nouveau Rapport sur l'établissement des paratonnerres dans les magasins à poudre, qui avait été demandé à l'Académie des sciences par le ministre de la guerre.

Parmi ses travaux originaux, nous devons particulièrement citer des Recherches sur la dilatation des fluides élastiques et les chaleurs latentes des vapeurs, sur les phénomènes d'interférence et de diffraction, sur la chaleur solaire, les pouvoirs rayonnant et absorbant de l'atmosphère et la température de l'espace, sur les moyens de déterminer la hauteur, la direction et la vitesse des nuages. Il faut signaler d'une manière particulière deux mémoires importants publiés en 1837 : le premier sur la pile de Volta et la loi générale d'intensité que suivent les courants, et sur la mesure relative des sources thermo-électriques et hydro-électriques; mémoires contenant la démonstration expérimentale des lois des courants électriques et confirmant les recherches de Ohm.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 30 27 JUIN 1868

LA CHALEUR RAYONNANTE.

Exposé des travaux récents faits en France (1).

I. — État de la science en 1807. — Recherches faites en France de 1807 à 1830.

Vers 1807, l'ensemble des notions que l'on possédait sur la théorie de la chaleur rayonnante pouvait se résumer de la manière suivante :

1° On avait reçu des anciens la connaissance des verres et miroirs ardents; en d'autres termes, on savait que la chaleur du soleil peut, comme la lumière, éprouver les effets de réflexion et de réfraction.

2° Mariotte avait constaté que la chaleur d'un foyer peut aussi être concentrée par un miroir concave, et les travaux de Scheele, de Pictet, de de Saussure, de Prévost, avaient montré que la chaleur obscure émise par un boulet chaud, mais non incandescent, jouit de la même propriété.

3° Mariotte avait prouvé que la chaleur d'un foyer peut traverser directement, sous forme rayonnante, un carreau de vitre, et il avait reconnu en même temps que, dans cette transmission, elle éprouve une perte proportionnellement beaucoup plus grande que ne le fait la chaleur solaire dans les mêmes circonstances.

4° Lambert avait découvert que, si l'on fait passer la chaleur d'une lampe successivement à travers une, deux, trois lames de verre de même nature et même épaisseur, l'action absorbante de la première est relativement plus grande que celle de la deuxième, celle-ci plus grande que celle de la troisième, et ainsi de suite.

5° Prévost avait vérifié l'exactitude de la proposition, et il en avait conclu que la chaleur d'une lampe et même celle d'un boulet fortement chauffé, mais non rouge, est composée de plusieurs rayonnements qui se distinguent entre eux par une inégale transmissibilité à travers le verre.

6° Herschel avait, au point de vue calorifique, analysé le spectre solaire. Il avait reconnu l'existence d'une série de rayons calorifiques obscurs, moins réfrangibles que les rayons rouges et formant un nouveau spectre invisible, d'une étendue à peu près égale à celle du spectre lumineux. Il avait découvert que tous ces rayons visibles ou invisibles, distincts les uns des autres par d'inégales réfrangibilités, se distinguent également par de grandes différences de transmissibilité à travers le même milieu. Il avait découvert certains verres d'un rouge très-foncé, caractérisés par la propriété de laisser passer les rayons calorifiques obscurs du spectre en proportion plus forte que les rayons lumineux. Il avait découvert la diffusion de la chaleur et en avait commencé l'étude.

7° Rumford et Leslie avaient mis en évidence les différences des pouvoirs émissifs des corps pour la chaleur. Leslie avait donné une méthode pour comparer les valeurs numériques de ces pouvoirs émissifs. Il en avait donné une pour comparer celles des pouvoirs réflecteurs des différents corps. Il avait constaté que le pouvoir émissif du noir de fumée a une valeur maximum, que ceux des métaux sont au contraire très-faibles, et que, inversement, ces derniers corps réfléchissent la chaleur plus abondamment que tous les autres.

8° Conformément aux idées de Lambert, Leslie avait aussi vérifié expérimentalement que les quantités de chaleur émises par une même surface noircie, dans des directions différentes, sont proportionnelles aux sinus des angles que les directions successives d'émission font avec la surface rayonnante.

9° Concurremment à cet ensemble de notions acquises par voie d'expérience, un certain nombre d'idées théoriques s'étaient graduellement établies. Newton, en discutant le phénomène de la transmission de la chaleur obscure dans le vide, s'était demandé « si cette propagation ne se faisait pas par les vibrations de l'éther contenu dans le vide pneumatique ». Prévost (de Genève) avait cherché à expliquer la permanence de l'équilibre de température dans une enceinte préservée de pertes et de gains de chaleur à l'extérieur; il avait posé en principe que cet équilibre subsiste, non pas par une sorte de stagnation de la chaleur dans les corps en présence, mais par une série d'échanges entre lesquels s'établit une parfaite compensation; et, par suite de ces idées sur les échanges de chaleur et l'équilibre de température, on avait été conduit à admettre que toute modification survenant dans le pouvoir absorbant d'un corps pour la chaleur doit se reproduire sur son pouvoir émissif; sans quoi, après avoir éprouvé la modification dont il s'agit, ce corps ne pourrait plus rester en équilibre de température avec une enceinte dont il partageait primitivement le degré d'échauffement.

10° Enfin, on connaissait encore cette loi si souvent employée sous le nom de *loi de refroidissement de Newton* ou *de Richmann*, et que l'on énonce maintenant en disant que, « pour des excès de température peu considérables, les vitesses de refroidissement d'un même corps, placé dans une

(1) Cet article est extrait d'un rapport de M. Desains au Ministre de l'instruction publique sur les *Progrès de la théorie de la chaleur*, qui va paraître très-prochainement *in extenso*.—Voyez, dans notre tome IV, p. 161, 9 février 1867, une conférence de M. P. Desains sur la *Coloration des corps*.

enceinte de température invariable, sont proportionnelles à ces excès. »

Les travaux de Rumford avaient été publiés en France en 1805. Quelques années plus tard, en 1810, Delaroche inséra au *Journal de physique* un important mémoire touchant les lois du rayonnement de la chaleur et touchant la transmission de cet agent à travers le verre.

L'appareil thermocospique dont il faisait usage était tout semblable à celui que Herschel avait employé dans les recherches dont nous avons énoncé les résultats. Il consistait essentiellement en un thermomètre placé au foyer d'un réflecteur sphérique. Des expériences directes avaient établi que les vitesses initiales de réchauffement que ce thermomètre prenait successivement sous l'influence de deux rayonnements différents pouvaient servir de mesures à leurs intensités.

Le travail de Delaroche renferme trois parties distinctes. Dans l'une, l'auteur établit que l'intensité du rayonnement d'une source dont la température seule varie s'accroît suivant une loi beaucoup plus rapide qu'une proportionnalité à l'élévation de température. Dans une autre, en opérant successivement avec cinq sources de natures différentes, il confirme l'exactitude des observations de Mariotte touchant les différences qui existent entre la diathermanéité que possède le verre pour les rayons émis par des corps incandescents et celle qu'il présente pour la chaleur émanée des sources à températures plus basses ; de plus, il montre que la diathermanéité du verre croît avec la température de la source. Dans une troisième enfin, il apporte une surabondance de preuves à l'appui du théorème de Lambert, indiqué plus haut, et qui consiste en ce que des faisceaux calorifiques venus d'une lampe ou d'un boulet rougi éprouvent, en traversant une première lame de verre, une modification qui les rend relativement bien plus transmissibles à travers une seconde lame de même nature et de même épaisseur que la première.

Deux ans après la publication du travail de Delaroche, la science de la chaleur rayonnante s'enrichissait d'une découverte du premier ordre. M. Bérard (de Montpellier) prouvait que la chaleur, aussi bien que la lumière, peut se polariser par voie de réflexion ou par voie de double réfraction. Le mémoire où sont consignés ces résultats fondamentaux est inséré parmi ceux de la Société d'Arcueil. Mais cette brillante découverte resta longtemps comme un fait isolé. Fourier ne paraît pas avoir cherché à en tenir compte dans les recherches analytiques auxquelles il se livrait sur le problème des échanges de chaleur, et les efforts des physiciens expérimentateurs se dirigèrent de nouveau vers un des sujets que Delaroche avait traités, savoir : « la recherche de la fonction de la température qui représente le rayonnement d'un corps. »

En 1817, Dulong et Petit proposaient une solution de ce problème dans le mémoire si justement célèbre qu'ils publièrent sur les lois du refroidissement dans le vide et dans les gaz.

Soit $f(T)$ la quantité de chaleur que perd, pendant un temps très-court et déterminé, un corps noirci, de surface et de chaleur spécifique invariables, et porté à la température T : la vitesse V, avec laquelle ce corps se refroidit par simple effet de rayonnement, dans une enceinte vide, également noircie et à température t, est proportionnelle à l'expression $f(T) - f(t)$. Cette proportionnalité subsiste encore quand le corps n'est plus noirci, pourvu que, dans les conditions de l'expérience, son pouvoir émissif et son pouvoir absorbant reste constants et égaux entre eux. Enfin, si l'on change le pouvo émissif du corps qui se refroidit, la grandeur absolue de la v tesse qui répond à des valeurs données de T et de t varie dans même rapport que ce pouvoir. D'après ces principes théoriqu pour arriver à déterminer la forme de la fonction $f(T)$, D long et Petit ont pensé que la méthode la plus certaine sera d'étudier le refroidissement d'un même thermomètre da le vide, tantôt en maintenant constant l'excès de tempér ture $T - t$, et en faisant varier t, tantôt en faisant varier et en laissant t invariable.

Seulement, comme en réalité il est impossible d'observe un refroidissement dans le vide absolu, Dulong et Petit on commencé par déduire, d'expériences faites dans l'air plus o moins raréfié, une formule qui, suivant eux, permettait d réduire au vide les observations faites sous une pression quel conque. Alors, en comparant entre elles les vitesses ainsi cor rigées, ils ont reconnu d'abord que, pour un même excès de température, la vitesse de refroidissement dans le vide croît en progression géométrique, lorsque la température de l'enceinte croît en progression arithmétique, en d'autres termes ils ont constaté d'abord que l'expression $f(T) - f(t)$ est de la forme $a^t \Phi (T - t)$. Ce premier point établi, pour trouver la valeur de $\Phi (T - t)$, ils ont laissé t constant et fait varier T, ainsi que nous l'expliquions plus haut ; c'est-à-dire qu'ils ont observé le refroidissement dans une enceinte de température constante, et ils ont reconnu qu'en ces circonstances, quand la température du thermomètre s'élève graduellement de degré en degré, les vitesses croissent comme les termes d'une progression géométrique diminués d'un nombre constant. Ce nombre est précisément a^t, et la raison de la nouvelle progression est encore a. En sorte que l'on a $V = ma^t (a^{T-t} - 1)$, d'où $V = m (a^T - a^t)$. En d'autres termes, ils sont arrivés à cette conclusion que la fonction qui représente le rayonnement est de la forme ma^T ; m variant d'un corps à l'antre, et a conservant toujours la même valeur, 1,0077.

Ces lois du rayonnement proprement dit ont été confirmées. Dans une série de recherches publiées aux *Annales de chimie et de physique* (3e série, t. XVI), MM. de la Provostaye et P. Desains ont étudié la manière dont varient les indications d'un thermoscope très-sensible, soumis, dans un laboratoire de température invariable t, à l'action d'une source portée successivement à toute température T comprise entre 60 et 200 degrés ; et ils se sont assurés qu'en ces circonstances, les élévations successives de la température du thermoscope restent proportionnelles à la fonction $M (a^{T-t} - 1)$, dans laquelle la constante a a une valeur égale à 1,009, c'est-à-dire peu différente de 1,0077. Ce résultat est précisément celui que l'on devait obtenir si les lois de rayonnement posées par Dulong et Petit étaient exactes, et par conséquent il les confirme dans les limites auxquelles il est relatif. Quant à la méthode suivie par Dulong et Petit dans la recherche de ces lois, on est maintenant forcé de reconnaître qu'elle n'a pas la certitude et la généralité qu'on avait d'abord cru pouvoir lui accorder.

Comme nous l'avons déjà dit, pour ramener au vide les observations de refroidissement faites dans un air plus ou moins raréfié, il est indispensable de connaître les lois du refroidissement par les gaz. Cette nécessité et aussi l'importance du sujet considéré en lui-même avaient amené Dulong et Petit à faire sur ce point un grand nombre d'expériences, et, pour eux, la conclusion de ces expériences était que : la vitesse

d'un refroidissement dû au seul contact d'un gaz est donnée par une expression de la forme $NH^{p}t^{1,233}$. N est un coefficient indépendant du pouvoir émissif du corps qui se refroidit; t est l'excès variable de sa température sur celle de l'enceinte; H représente la pression; p est un exposant qui varie avec la nature du gaz. Mais cette formule n'est pas l'expression d'une loi physique. Dans les conditions mêmes où Dulong et Petit s'étaient placés, on peut s'assurer que, sous de très-faibles pressions, la vitesse avec laquelle se refroidit un thermomètre argenté reste, dans des limites plus ou moins étendues, indépendante de ces pressions. L'effet est surtout très-sensible quand le rapport entre la capacité des enceintes et le volume du corps qui se refroidit ne dépasse pas 50; alors même on voit quelquefois la vitesse absolue s'accroître quand la pression diminue.

Ces faits ont été établis dans une série de recherches sur le refroidissement des corps, publiées par MM. de la Provostaye et P. Desains en 1844 et 1845 (voyez *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XVI).

Il en résulte évidemment que la méthode de réduction au vide proposée par Dulong et Petit ne peut pas être sûrement employée. Si elle a conduit sur plusieurs points à des résultats exacts, c'est qu'elle fut surtout appliquée dans les cas de corps ayant un grand pouvoir émissif, c'est-à-dire dans des circonstances où l'action d'un gaz à faible pression ne produit plus qu'une fraction presque négligeable de l'effet total.

Le mémoire où sont consignées les observations critiques que nous venons de résumer contient aussi l'exposé d'une série de recherches relatives au réchauffement des corps dans dans l'air plus ou moins raréfié. On y établit que, sous de faibles pressions, l'action réchauffante d'un gaz peut devenir indépendante de ces pressions, et cela dans des conditions analogues où une indépendance de même genre s'observe quand il s'agit du refroidissement. On y établit enfin que, si dans une même enceinte à température t on place un même thermomètre d'abord à la température $t+\theta$, puis à la température $t-\theta$, la vitesse avec laquelle il se refroidira dans le premier cas sera supérieure à celle avec laquelle il se réchauffe dans le second. Ce fait cadre bien avec la forme exponentielle de la loi élémentaire du rayonnement.

Pendant la période d'années dans laquelle Delaroche, Bérard, Dulong et Petit enrichissaient la science de la chaleur rayonnante des résultats que nous venons d'exposer, Fourier développait les idées de Prévost touchant les échanges de chaleur et l'équilibre de température. Il les précisait par quelques considérations géométriques fort simples, et cherchait à édifier sur elles une théorie mathématique de la chaleur rayonnante. Ses premières recherches sur ces matières ont été publiées en 1807, et les tomes III, IV, VI, XXVII des *Annales de chimie et de physique* (2e série) contiennent un grand nombre de notes ou de mémoires, dans lesquels se trouve renfermé l'ensemble des résultats dus aux travaux successifs de leur auteur.

Fourier part de ce principe que, si plusieurs corps sont placés à des températures quelconques dans une enceinte de température invariable, ils finissent, après un temps plus ou moins long, par se mettre en équilibre avec elle, et, une fois établi, l'équilibre persiste indéfiniment.

Ceci posé, il considère d'abord le cas où l'enceinte et les corps qu'elle renferme seraient dénués de la propriété de réfléchir la chaleur, et absorberaient par conséquent toute celle qui tombe sur eux; et, dans ce cas, il montre que, pour que l'équilibre puisse s'établir et subsister, il faut que l'intensité de la chaleur émise par un élément plan ω, dans une direction faisant un angle θ avec la surface de l'élément, soit proportionnelle à sin θ.

Cette loi d'émission avait été posée par Lambert et vérifiée expérimentalement par Leslie dans le cas où, en effet, la surface émettante est noircie. Alors l'équilibre s'établit et se maintient, comme on le dit souvent, d'élément à élément; c'est-à-dire que, si l'on considère un cylindre de section infiniment petite découpant, sur la surface de l'enceinte ou des corps qui s'y trouvent, deux éléments généralement inégaux, ω et ω', les quantités de chaleur que ces éléments s'enverront l'un à l'autre seront égales entre elles, et, de plus, proportionnelles à la section droite du cylindre : du reste, chacun des éléments considérés absorbe tout ce qu'il reçoit de l'autre; l'équilibre persiste donc.

Ce premier fait établi, Fourier prouve que l'équilibre subsiste encore de la même manière si l'on restitue à l'un des éléments un pouvoir réflecteur, pourvu que l'on admette, en premier lieu, que les pouvoirs absorbants et réflecteurs sont complémentaires, et, en second lieu, que le pouvoir émissif est égal au pouvoir absorbant. Enfin il montre que les mêmes résultats subsistent quand on restitue un pouvoir réflecteur à tous les éléments.

Seulement, dans les démonstrations qu'il donne de ces propositions, Fourier fait abstraction de plusieurs lois physiques du rayonnement de la chaleur, et, par suite, indépendamment de toute discussion de géométrie pure, la plupart de ses résultats ne pouvaient être considérés que comme des déductions théoriques relatives à des conditions différentes de celles qui sont ordinairement réalisées dans la nature.

Ces restrictions n'avaient pas échappé à la sagacité de Poisson. Dans des travaux qu'il publia à son tour sur la théorie de la chaleur rayonnante (*Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XVI), et dans son *Traité de la chaleur* (1837), cet illustre géomètre reconnaît positivement que les résultats des calculs faits par lui-même ou par son devancier sur les échanges de chaleur ne devraient plus être considérés comme démontrés dans le cas où les rayons, en se réfléchissant, pourraient acquérir une polarisation plus ou moins avancée.

Au reste, la difficulté relative à la polarisation n'était pas la seule qui se présentât dans ces premiers essais de théorie. Le principe fondamental de l'égalité des pouvoirs émissifs et absorbants n'était, au temps de Fourier et de Poisson, démontré par aucune expérience directe. On peut même dire qu'à l'époque où Poisson faisait paraître son *Traité de la chaleur*, ce principe était encore en contradiction manifeste avec les résultats qu'avaient donnés la détermination des pouvoirs émissifs et celle des pouvoirs réflecteurs. Ainsi, depuis Leslie, on admettait que les pouvoirs émissifs des métaux polis avaient des valeurs peu différentes entre elles et sensiblement égales à 0,12. D'autre part, les mesures des pouvoirs réflecteurs absolus faites en 1835 semblaient indiquer que, pour les métaux polis, ces pouvoirs ne dépassent pas 0,44. Or, dans les idées de Prévost et de Fourier, la somme de ces deux pouvoirs aurait dû être égale à l'unité; l'expérience était donc bien loin de vérifier la théorie sur ce point essentiel.

On a cherché depuis à faire disparaître les différents *desiderata* que nous venons de signaler, et l'on trouvera dans

chapitre III le résumé des expériences à l'aide desquelles on y est parvenu.

II. — Thermomultiplicateur (1830-1840).

Ce fut en 1830 que L. Nobili (de Reggio) fit connaître l'appareil thermomultiplicateur, qui, par sa sensibilité et l'extrême promptitude de ses indications, devait rendre de si grands services à la science de la chaleur rayonnante.

En 1820, Œrsted avait découvert l'action des courants sur l'aiguille aimantée; en 1821, Seebeck avait découvert la thermo-électricité; en 1822, Œrsted et Fourier avaient construit des piles thermo-électriques. En 1824, Nobili avait singulièrement accru la sensibilité du galvanomètre de Schweigger, en imaginant de remplacer l'aiguille unique de cet appareil par un système de deux aiguilles astatiques, et, en 1827, il possédait déjà quelques instruments de ce genre, si délicats, « qu'ils poussaient l'indication au delà de 150 degrés au premier mouvement qu'ils faisaient sous l'action de courants très-faibles, comme, par exemple, celui d'un élément thermo-électrique composé de deux fils de fer et de cuivre chauffés à l'une de leurs extrémités par la seule chaleur du doigt. »

En 1830, enfin, Nobili imagina de construire de très-petites piles thermo-électriques avec des barreaux de bismuth et d'antimoine, longs de 1 à 2 centimètres, et ne présentant guère plus de 1 millimètre carré de section. La chaîne formée de ces barreaux alternatifs était, à ses deux extrémités, mise en communication avec un galvanomètre sensible. Toutes les soudures d'un même ordre de parité étaient voisines les unes des autres.

L'année suivante, le 5 septembre 1831 (voyez *Annales de chimie*, 2e série, t. XLVIII), Nobili et Melloni présentaient à l'Académie des sciences un mémoire ayant pour titre : *Recherches sur plusieurs phénomènes calorifiques, entreprises au moyen du thermomultiplicateur*.

Dans ce premier mémoire, ces deux savants montrent d'abord combien leur appareil l'emporte sur les thermoscopes ordinaires par sa sensibilité et par la rapidité de ses indications; ils indiquent la nécessité de noircir la face antérieure de la pile; ils indiquent comment on peut employer leur méthode à l'étude des pouvoirs émissifs et réflecteurs. Ils mettent en évidence la chaleur propre des insectes et celle qui accompagne la combustion lente du phosphore. Enfin ils exposent les résultats de quelques essais sur la comparaison des pouvoirs absorbants des corps pour la chaleur.

Ce mémoire est le seul que Nobili et Melloni publièrent en commun sur la théorie de la chaleur rayonnante. Quelque temps après sa présentation à l'Académie, le 2 mars 1832 (*Annales de chimie*, 2e série, t. XLVIII), Melloni adressait à Arago une lettre dans laquelle il lui communiquait les résultats d'une série de recherches sur la distribution de la chaleur dans le spectre solaire. Melloni y indique d'abord qu'en opérant avec un prisme de crown il a pu, comme l'avait fait Herschel, constater très-facilement l'existence d'un spectre calorifique obscur, formé de rayons moins réfrangibles que les rayons lumineux, et s'étendant au delà du rouge à une distance au moins aussi grande que celle qui sépare cette couleur du violet dans le spectre lumineux. Puis il établit que si, de part et d'autre du rouge obscur et à la même distance de cette limite, on prend deux bandes isothermes, l'une dans la partie lumineuse, l'autre dans la partie obscure du spectre, il y a une grande différence entre les rayons qui les composent, quoique ces rayons puissent produire des actions égales sur l'appareil lorsqu'ils tombent directement sur la face noircie de la pile.

Les rayons qui composent les bandes lumineuses sont bien plus transmissibles à travers l'eau que les rayons obscurs. En particulier les rayons qui se trouvent dans la région violette du spectre traversaient sans perte une couche d'eau de 6 millimètres, tandis que les rayons de la bande obscure symétrique étaient complétement arrêtés par ce liquide.

Dans la lettre dont nous venons de donner un extrait, Melloni annonçait à Arago qu'il s'occupait aussi d'une série d'études générales sur la transmission de la chaleur rayonnante. Les résultats de ces nouvelles études ont été présentés à l'Académie des sciences, le 4 février 1833 et le 21 avril 1834. Les mémoires où ils sont consignés sont insérés aux *Annales* (2e série, t. LIII et LV).

Au début de ces importants mémoires, Melloni indique d'abord la méthode qu'il emploie pour trouver dans quelles limites les indications de son appareil sont proportionnelles aux quantités de chaleur qui l'échauffent, ou pour apprécier le sens précis de ses indications au delà des limites de la proportionnalité.

Après cette discussion de méthode, le savant italien étudie le phénomène de la transmission calorifique; il s'attache à déterminer l'influence qu'exercent l'épaisseur du milieu traversé, sa nature, la nature de la source; il vérifie, précise et étend considérablement les notions acquises sur ces points par les travaux de Lambert, Herschel, Delaroche; *enfin, il découvre* la propriété si remarquable dont le sel gemme jouit de n'exercer sur les rayons calorifiques de toute nature qu'une absorption si faible, qu'il la regarde comme tout à fait négligeable (1).

Cette belle découverte le conduit à imaginer d'employer des lentilles de sel gemme pour concentrer les rayons calorifiques, et des prismes de même substance pour étudier le spectre calorifique solaire. En employant ces prismes, il voit le spectre obscur se dilater beaucoup, et il constate que le maximum de chaleur va se placer loin du rouge, dans le spectre obscur, au lieu d'être dans le rouge extrême, ou même dans le jaune, comme cela arrive lorsqu'on emploie des prismes d'eau.

Dans ces mêmes travaux, il observe de nouveau, comme Herschel l'avait fait avant lui, que certains verres noirs laissent passer facilement la chaleur obscure moyenne, tandis qu'ils arrêtent la chaleur lumineuse; plus tard Melloni retrouva la même propriété dans le sel gemme enfumé.

Enfin, c'est dans cette même série de recherches qu'il établit que la transmission d'un flux calorifique à travers un écran diathermane modifie ce flux de telle sorte que, après son émergence, il devient très-transmissible à travers certains milieux et très-peu à travers d'autres, absolument comme la

(1) Dans ses recherches sur la transmission calorifique, Melloni étudie l'action absorbante de plusieurs milieux cristallisés dans des systèmes autres que le système cubique; mais il opère toujours avec de la chaleur naturelle. L'étude de la transmission de la chaleur polarisée à travers un grand nombre de cristaux à un ou deux axes a été faite dans ces dernières années par M. Knoblauch. Les mémoires de ce savant sur ce point ont été publiés en 1852 et 1854.

partie d'un faisceau de lumière primitivement blanche, et qui a traversé un verre rouge, est fort transmissible à travers d'autres verres rouges ou orangés, et fort peu à travers des verres bleus ou violets.

En un mot, de même qu'il y a des milieux diaphanes de mêmes teintes et d'autres de teintes différentes, de même il y a des milieux *diathermanes* de *diathermansies* égales ou opposées.

Le sel gemme seul ne modifie pas d'une façon sensible la composition et, par suite, les propriétés d'un faisceau calorifique hétérogène qui le traverse ; il est pour la chaleur ce qu'est le verre blanc pour la lumière.

Le 2 novembre 1835 (*Annales*, 2e série, t. LX), Melloni présentait à l'Académie un mémoire relatif à la détermination des pouvoirs réflecteurs des différentes substances. Ses conclusions étaient que, sous une incidence d'une trentaine de degrés, le cristal de roche, le verre, le sel gemme, l'alun, etc., réfléchissent sensiblement une fraction de la chaleur incidente égale à 0,0315, et que le laiton poli a pour pouvoir réflecteur 0,44.

Dans ce mémoire, l'auteur n'insiste pas sur la nature des rayonnements qu'il emploie, mais dans des travaux postérieurs (*Annales*, 2e série, t. LXV et LXXV), il regarde les pouvoirs réflecteurs des métaux et des corps diathermanes polis comme indépendants de la nature des rayons incidents. Nous ne citons ces derniers résultats que comme indications relatives à l'histoire des études faites sur la réflexion ; la plupart ont été modifiés depuis.

Aux tomes LXI et LXV des *Annales*, on trouve deux mémoires très-étendus de Melloni sur la polarisation calorifique ; le savant italien y étudie l'action polarisante des tourmalines et celle des piles de mica. La découverte de cette action polarisante venait d'être faite par M. Forbes à Édimbourg (1). Au tome LXX de la même collection, il publie les résultats d'expériences qui le portent à admettre que l'état plus ou moins poli d'une surface non métallique n'a pas d'influence sur son pouvoir émissif, et que, si les métaux rayés ou dépolis ont un pouvoir émissif supérieur à celui qu'ils présentent lorsqu'ils sont polis, cet accroissement tient uniquement à ce que les sillons tracés à leur surface pendant le dépolissage mettent à nu des parties moins écrouies que la surface extrême ellemême. Ces parties moins denses auraient, d'après l'auteur, une aptitude plus grande à émettre la chaleur que celles dont la densité est plus considérable.

Dans le tome LXXII des *Annales*, on trouve deux autres communications de Melloni : 1° Un mémoire ayant pour titre : *Considérations et expériences sur la diathermansie ou la coloration calorifique des corps*, et dans lequel on trouve établie la curieuse propriété que possède le sel gemme enfumé d'être plus perméable à la chaleur obscure qu'à la chaleur lumineuse ; 2° l'extrait d'une lettre à Arago, dans lequel il marque que, d'après de nombreuses analyses du spectre calorifique, faites dans des circonstances parfaitement semblables quant à la force du rayonnement et la sérénité du ciel, le maximum de température n'est pas toujours à la même place dans l'espace obscur qui se prolonge au delà du rouge. Il en conclut que les rayons calorifiques dénués de lumière nous arrivent en quantités inégales, suivant l'état de certaines constitutions atmosphériques qui n'exercent aucune influence sur la transmission de la lumière.

Nous rattacherons encore à l'ensemble des travaux faits en France par Melloni celui qu'il publia touchant *la constance de l'absorption calorifique exercée par le noir de fumée et les métaux*, et *sur l'existence d'un pouvoir diffusif qui, par ses variations, change la valeur du pouvoir absorbant chez les autres corps athermanes*.

Ce mémoire est inséré au tome LXXV des *Annales de chimie et de physique* (3e série). L'auteur y vérifie par de nouvelles expériences l'exactitude des observations d'Herschel touchant le pouvoir qu'ont les corps dépolis de diffuser la chaleur. Il cherche à établir que les métaux dépolis diffusent également et par suite aussi absorbent également les rayons de toutes sortes. Il vérifie un fait important trouvé antérieurement par Baden-Powel, et qui consiste en ce que le rapport des pouvoirs diffusifs et, par suite, celui des pouvoirs absorbants du blanc de céruse et du noir de fumée, varient avec la nature des rayons incidents. Le rapport des pouvoirs absorbants de ces deux corps diminue à mesure que s'élève la température de la source qui émet ces rayons.

Il constate enfin que beaucoup de substances se comportent comme le blanc de céruse, dispersant fortement les rayons de l'incandescence et faiblement ceux qui viennent de sources à basses températures.

Nous ne pouvons terminer ce qui est relatif à l'historique des travaux de Melloni, sans rappeler l'important rapport dont ils furent l'objet. Biot, qui fut spécialement chargé de ce rapport, le publia au tome XIV des *Mémoires de l'Académie des sciences*.

Indépendamment de l'exposé complet des recherche jusqu'alors exécutées par le savant italien, et de la représentation algébrique des résultats obtenus dans les études sur la transmission calorifique, on trouve consignée dans ce rapport une observation très-importante, faite conjointement par Biot et par Melloni. Cette observation a pour résultat de constater que la transmission normale d'un rayon de chaleur polarisé, à travers un quartz perpendiculaire à l'axe, détermine la rotation du plan de polarisation de ce rayon absolument comme cela arrive dans le cas des rayons lumineux.

III. — Études nouvelles sur les lois de la chaleur rayonnante (1840-1867).

Melloni avait quitté la France en 1837. Quelques années plus tard, en 1843, MM. de la Provostaye et P. Desains entreprirent sur la chaleur rayonnante une longue série de recherches que l'on va résumer en ce chapitre. On groupera les résultats par ordre de matière, et, sauf les cas d'indispensable nécessité, on supprimera tout détail d'expériences. On fait remarquer seulement ici d'une manière générale que presque toujours l'appareil employé aux mesures était le thermomultiplicateur de Nobili et Melloni.

Émission de la chaleur.

Les études sur l'émission de la chaleur ont été divisées en cinq séries distinctes : 1° recherche de la loi suivant laquelle l'émission varie avec la température ; 2° détermination des pouvoirs émissifs à 100 degrés ; 3° étude des variations que

(1) Ces deux mémoires sont les derniers que Melloni fit en France. Peu après leur publication, en 1837, il obtint, sur la demande d'Arago, la permission de rentrer en Italie. Il continua de communiquer ses recherches à l'Académie des sciences, dont il avait été nommé correspondant dès 1835.

subissent, quand la température s'élève, les rapports qui existent entre les pouvoirs émissifs des différents corps et celui du noir de fumée; 4° influence de la nature de la surface émettante sur la nature de la chaleur émise; 5° influence de la direction de l'émission sur son intensité.

Pour chercher la forme de la fonction de la température qui représente le rayonnement, MM. de la Provostaye et P. Desains ont d'abord voulu adopter la méthode qu'avaient donnée Dulong et Petit dans leur travail de 1817. Mais, en suivant cette marche, ils se sont bientôt aperçus qu'elle ne peut conduire à aucun résultat pour les corps dont le pouvoir émissif n'est pas considérable, et d'ailleurs elle cesse d'être applicable vers 300 degrés. Alors, comme nous l'avons déjà indiqué, on a fait rayonner vers l'appareil thermoscopique une cuve de fonte noircie pleine d'un alliage fusible et graduellement portée de 100 à 400 degrés. De 100 à 200 degrés, les intensités du rayonnement ont été parfaitement représentées par l'expression K $(a^t - 1)$, t étant l'excès de la température de la cuve sur le milieu ambiant. Il faut compliquer la forme de l'exponentielle pour l'amener à représenter les phénomènes au delà de la limite qui vient d'être indiquée.

La détermination des pouvoirs émissifs à 100 degrés a complétement changé les idées que l'on se faisait sur la grandeur de ces pouvoirs, au moins dans le cas des métaux. Elle a montré que, vers 100 degrés, le pouvoir émissif de l'argent en lames est compris entre 0,02 et 0,03; que celui de l'or est 0,04; celui du platine, 0,09 ou 0,10, suivant les échantillons; celui de l'argent déposé au mat par les procédés ordinaires, 0,05. On a constaté aussi que le pouvoir émissif de l'ocre rouge est égal à celui du noir de fumée, et que celui du soufre lavé est environ 0,73.

On avait presque toujours étudié l'émission à des températures voisines de 100 degrés. Dulong et Petit seuls avaient cherché à étendre jusqu'à 300 degrés la comparaison des pouvoirs émissifs du verre et de l'argent, et, des expériences qu'ils avaient faites entre ces limites, ils avaient cru pouvoir conclure que les rapports des pouvoirs émissifs des corps restent constants à toute température. Les expériences de MM. de la Provostaye et P. Desains ont prouvé que cette constance n'existe pas. Pour comparer vers 400 degrés les pouvoirs émissifs de deux corps, ils ont pris pour source de chaleur une cuve de fonte dont une paroi était plane et bien rabotée. Sur l'une des moitiés de cette face, ils placèrent du noir de fumée, et sur l'autre de la substance à éprouver. La cuve était pleine d'alliage constamment brassé, et, en déplaçant la pile parallèlement à elle-même, on pouvait faire rayonner vers elle, soit l'un, soit l'autre des deux enduits dont on voulait comparer les pouvoirs émissifs.

Au rouge, on prenait pour corps rayonnant une lame de platine, couverte, sur ses deux moitiés, d'enduits différents et portée à l'incandescence par un courant électrique constant.

En opérant ainsi, on a trouvé qu'au rouge le pouvoir émissif du borate de plomb n'est plus que les 0,75 de celui de l'oxyde de cuivre. Depuis, on a reconnu qu'à cette température, le pouvoir émissif de l'oxyde de zinc n'est plus que les 0,60 de celui de l'ocre. Or, à 100 degrés, ces quatre corps émettent la chaleur dans des proportions absolument égales. Pour le platine, la variation se fait en sens inverse. Au rouge naissant, son pouvoir émissif devient 0,14, tandis qu'il est 0,10 à 100 degrés.

On n'avait jamais cherché si, à une température fixe et donnée, il y a ou non des différences entre les qualités ou compositions du rayonnement émis par des surfaces de natures différentes. MM. de la Provostaye et P. Desains ont démontré que ces différences existent. Ainsi, dans l'une des séries d'expériences qu'ils ont faites sur ce sujet, ils ont constaté que la chaleur envoyé par le platine porté au rouge naissant traversait une mince lame de verre dans la proportion de 0,39, tandis que la chaleur émise par le borate de plomb dans les mêmes conditions ne traversait plus le même écran que dans la proportion de 0,22.

Enfin, les physiciens dont nous résumons ici les travaux, ont aussi établi que le rapport des pouvoirs émissifs de deux corps change en général avec les directions, suivant lesquelles se font les émissions que l'on compare. Ainsi, à 100 degrés, le pouvoir émissif du verre est dans la direction normale les 0,90 de celui du noir de fumée; il n'en est plus que les 0,75 sous l'inclinaison de 70 degrés.

Réflexion de la chaleur non polarisée.

A l'époque où MM. de la Provostaye et P. Desains commencèrent leurs études sur la réflexion de la chaleur, on ne savait rien de l'influence que peut avoir la nature des rayons sur l'intensité de la réflexion régulière; on paraissait même la croire nulle, au moins dans le cas des métaux polis. On savait peu de chose sur l'influence de l'obliquité des rayons incidents, et quant aux pouvoirs réflecteurs sous de faibles incidences, les seuls qu'on eût étudiés, on leur avait assigné des valeurs absolument incompatibles, soit avec le principe de l'égalité des pouvoirs absorbants et émissifs, soit avec les nombres admis, depuis Leslie, comme représentant les pouvoirs émissifs.

Dans un premier mémoire, MM. de la Provostaye et P. Desains ont fait voir que, pour les rayons venus d'une lampe Locatelli, les pouvoirs réflecteurs des métaux sous l'incidence 45 degrés ont des valeurs au moins doubles de celles que l'on admettait. Ainsi le pouvoir réflecteur du laiton poli a été trouvé égal à 0,93 au lieu de 0,44; celui de l'argent, à 0,97; celui de l'or, à 0,96; celui du métal des miroirs, à 0,86; celui du platine, à 0,80.

On a trouvé ensuite que le plus souvent ces pouvoirs changent beaucoup avec la nature des rayons auxquels ils se rapportent. Ainsi, l'argent ne réfléchit plus que 0,90 de la chaleur solaire; l'or, 0,86; l'acier et le platine, 0,60.

En observant la réflexion de rayons solaires simplifiés autant possible par leur dispersion à travers des prismes de verre, on a reconnu qu'en général son intensité change avec le degré de réfrangibilité du rayon. Néanmoins, pour certains métaux, l'acier par exemple, la réflexibilité est la même dans toute l'étendue du spectre visible. Dans tous les cas, on a reconnu que, pour ces rayons prismatiques visibles, l'intensité de la réflexion calorifique et celle de la réflexion lumineuse sont les mêmes en grandeur absolue. Enfin, en étendant les mesures aux rayons obscurs moins réfrangibles que le rouge, on a vu que, sur tous les métaux essayés, ils se réfléchissent en proportion plus considérable que la chaleur lumineuse. Ainsi l'acier réfléchit jusqu'à 0,75 de la chaleur qui forme dans le spectre obscur une bande symétrique du bleu par rapport au rouge extrême.

Dans le cas du verre et des substances analogues, l'influence

de la nature des rayons sur l'intensité de la réflexion est encore plus marquée. Ainsi pour la chaleur émanée de lames noircies, portées à des températures de 300 degrés environ, le pouvoir réflecteur du verre sous l'incidence normale a été trouvé égal à 0,10, tandis qu'il est environ 0,04 pour la chaleur solaire.

Nous insisterons plus loin sur les résultats obtenus par MM. de la Provostaye et P. Desains touchant l'influence que l'inclinaison des rayons incidents exerce, en général, sur l'intensité de la réflexion. Ici nous ne citerons qu'un seul de leurs résultats. Le pouvoir réflecteur du verre, pour la chaleur venue de sources à 150 ou 200 degrés, a été mesuré directement sous les incidences :

30 45 70 75 degrés ;

et on lui a trouvé pour valeurs :

0,10 0,11 0,25 0,32.

Comme il n'y a pas sur le verre de diffusion appréciable, il résulte des nombres précédents que, sous les incidences 30, 60, 70, 75 degrés, les pouvoirs absorbants de ce corps pour la chaleur émanée d'une lame noircie à 200 degrés sont respectivement égaux à :

0,90 0,89 0,75 0,68.

Or, ces valeurs sont précisément égales à celles des pouvoirs émissifs trouvés directement sous les mêmes inclinaisons. Ainsi, pour le verre, et sous toutes les inclinaisons, il est vrai de dire qu'il y a égalité entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant.

Le rapprochement des valeurs assignées par MM. de la Provostaye et P. Desains aux pouvoirs réflecteurs et aux pouvoirs émissifs des métaux polis conduit à une conséquence toute pareille. D'après leurs déterminations, l'argent, l'or, le platine, ont, vers 100 degrés, des pouvoirs émissifs respectivement égaux à :

0,025 0,035 0,105 ,

et pour la chaleur émanée de sources noircies et de basses températures, des pouvoirs réflecteurs égaux à :

0,98 0,96 0,90.

Ici encore les pouvoirs réflecteurs sont complémentaires des pouvoirs émissifs, et, par conséquent, ces derniers sont égaux aux pouvoirs absorbants.

Ces résultats établissent nettement la vérité du principe de l'égalité des pouvoirs émissifs et absorbants. Jusqu'à l'époque où ils furent trouvés, on n'avait aucune démonstration expérimentale de ce principe fondamental.

Diffusion de la chaleur.

Herschel et Melloni avaient constaté le fait de la diffusion calorifique et montré que l'action qui la produit s'exerce inégalement sur des rayons de natures différentes. Plus tard, en 1846, M. Knoblauch, à Berlin, avait établi que, en se diffusant à la surface d'un corps dépoli, un faisceau complexe peut éprouver dans sa composition de profondes modifications. MM. de la Provostaye et P. Desains étudièrent la question à un autre point de vue. Ils ont cherché à définir les lois de distribution de la chaleur diffusée et à mesurer l'intensité totale de la diffusion. Parmi les résultats qu'ils ont obtenus, nous citerons les suivants :

1° Lorsque la chaleur rencontre sous une direction normale des corps tout à fait mats, tels que la céruse, le chromate de plomb, elle est diffusée suivant une loi qu'on peut énoncer comme il suit :

« Si, sur une sphère ayant son centre au milieu de la tache lumineuse formée par les rayons incidents, on découpe des éléments égaux, chacun de ces éléments reçoit des quantités de chaleur diffusée respectivement proportionnelles aux cosinus de l'angle que forme avec la normale l'axe du faisceau qui le recouvre. »

Une sommation donne alors la quantité totale renvoyée par diffusion, et, par suite, la quantité absorbée. En opérant avec la chaleur solaire naturelle, on trouve que, sur la céruse, il y a 82 rayons diffusés sur 100, et, par suite, 18 rayons absorbés ; sur le chromate, 66 rayons diffusés et 34 absorbés.

2° Jusqu'à de très-fortes inclinaisons on trouve le maximum de diffusion dans la direction de la normale, et non dans celle que l'on appelle ordinairement la direction de la réflexion régulière.

3° Pour le platine platiné et l'argent en poudre, les lois de la diffusion sont tout autres que pour la céruse.

Pouvoirs absorbants.

Au point de vue où s'étaient placés MM. de la Provostaye et P. Desains, les études sur la diffusion présentent quelque difficulté ; aussi ces physiciens insistent-ils sur la netteté avec laquelle ils ont vu les résultats qu'elles avaient fournis se vérifier dans une série de recherches toutes différentes, et entreprises pour mesurer directement les pouvoirs absorbants des corps.

Il n'existait pas dans la science de méthode directe pouvant s'appliquer d'une manière générale à la détermination du pouvoir absorbant d'un corps quelconque. MM. de la Provostaye et P. Desains ont comblé cette lacune, en démontrant que, pour trouver le rapport des pouvoirs absorbants de deux substances, il faut en recouvrir successivement la boule d'un thermomètre bien sensible, l'exposer, dans chaque cas et de la même manière, au rayonnement d'une source constante, et prendre le rapport des vitesses de refroidissement correspondantes aux excès stationnaires qu'il atteint.

En appliquant cette méthode à la céruse, on trouve, pour le cas des rayons solaires, un pouvoir absorbant égal à 0,19. Or, ce nombre est très-sensiblement complémentaire du nombre 0,82, que l'on avait trouvé dans les mêmes circonstances pour mesure du pouvoir diffusif total du même corps.

MM. de la Provostaye et P. Desains se sont aussi occupés de l'absorption de la chaleur dans les corps diathermanes. Ils ont fait voir qu'une élévation de température de 100 à 200 degrés ne modifie pas sensiblement l'action absorbante du verre pour les rayons venus d'une lampe. Dans un autre travail, ils ont montré que l'action absorbante du sel gemme sur la chaleur n'est ni absolument nulle, ni idépendante de la nature des rayons incidents. Pour une lame de belle qualité et d'environ $0^m,01$ d'épaisseur, le pouvoir absorbant était 0,1, quand la chaleur venait d'un cube à 100 degrés ; en même temps on a pu constater que le pouvoir émissif total de cette lame avait, lui aussi, une valeur égale à 0,1.

Enfin, dans un travail récent sur l'absorption de la chaleur par les vapeurs, M. P. Desains a découvert quelques faits desquels il semble résulter que, souvent, l'action absorbante des milieux homogènes non cristallisés dépend plutôt de leur na-

ture propre que de leur état physique. Il a vu que, à section et à poids égaux, une colonne d'un liquide volatil comme l'éther et une colonne de sa vapeur exercent la même absorption sur la chaleur venue d'une lampe, et il a vu de plus qu'en traversant une colonne d'une vapeur quelconque, un faisceau hétérogène devient plus transmissible qu'il ne l'était d'abord à travers le liquide qui a fourni la vapeur (1).

Extension des théories optiques à la chaleur rayonnante.

En 1847, MM. Foucault et Fizeau avaient constaté qu'un appareil thermoscopique très-sensible indique des *maxima* et des *minima* de température successifs lorsqu'on lui fait parcourir un espace sillonné de bandes d'interférences. Ce fait, la continuité qui existe entre le spectre lumineux et le spectre calorifique, l'existence de la polarisation calorifique, montraient qu'il doit exister une bien grande ressemblance entre les théories optiques et celles de la chaleur rayonnante. Mais jamais on n'avait cherché à voir si en effet l'ensemble des formules établies par Malus, Fresnel, Cauchy, pour représenter les phénomènes que l'on étudie dans les parties supérieures de l'optique, régit les phénomènes correspondants que l'on peut obtenir avec les rayons calorifiques. MM. de la Provostaye et P. Desains se sont posé la question, et leurs expériences l'ont résolue par l'affirmative.

Ils ont, de la façon la plus rigoureuse, vérifié avec les rayons calorifiques solaires :

1° La loi de Malus ;

2° Les formules données par Fresnel pour représenter l'intensité avec laquelle, sous toutes incidences, le verre réfléchit la lumière polarisée, soit dans le plan d'incidence, soit dans un plan perpendiculaire ;

3° Les formules dans lesquelles Cauchy avait résumé toute la théorie de la réflexion de la lumière sur les métaux ;

4° Toutes les conséquences que l'on peut déduire des formules de Fresnel, relativement à la théorie des piles de glaces.

Puis, opérant sur des rayons prismatiques homogènes et visibles, ils ont constaté que les liquides actifs, tels que la dissolution du sucre, l'essence de térébenthine, font tourner exactement du même angle le plan de polarisation de la chaleur et celui de la lumière qui les constituent. A l'époque où MM. de la Provostaye et P. Desains étudiaient ainsi l'action rotatoire exercée par les liquides actifs sur les rayons de la partie lumineuse du spectre, MM. Jamin et Masson mesuraient comparativement, au point de vue calorifique et au point de vue lumineux, les absorptions que ces rayons éprouvent à travers les mêmes milieux, et ils trouvaient des nombres égaux pour représenter la perte que la lumière et la chaleur d'un rayon d'indice déterminé éprouvent en traversant ainsi un même absorbant. Cette égalité est évidemment une preuve de plus à l'appui du principe établi par l'ensemble des résultats précédents.

Dans leur travail sur les interférences calorifiques, MM. Fizeau et Foucault avaient constaté la production de ces phénomènes par des rayons obscurs ; dans des recherches récentes, M. P. Desains a étudié l'action rotatoire que le quartz exerce sur le plan de polarisation de rayons de cette espèce. Ap avoir complétement polarisé un faisceau solaire, il l'a dispe par un prisme, et, en faisant agir une même plaque de c tal de roche sur les rayons de réfrangibilités différentes, i vu d'abord que cette action diminue continûment quand passe du rouge dans les rayons obscurs, de moins en mo réfrangibles ; et, dans les parties éloignées de ce spectre in sible, il a pu sans difficulté isoler des faisceaux dont la ro tion, par une plaque déterminée, était seize fois moindre q celle des rayons violets. En appliquant la loi de Biot à c rayons extrêmes, on en déduirait que leur longueur d'on est quadruple de celle du violet, ou à peu près double de cel du rouge extrême. Par une autre méthode, M. P. Desains a e effet isolé des rayons obscurs ayant une longueur d'onde d cet ordre. Il fit tomber un faisceau solaire sur un réseau a 250°, et mesura les actions thermoscopiques produites par le différentes régions des deux premiers spectres (1). Dans une série d'expériences le rouge du premier spectre donnait des déviations de 18 à 20 degrés ; celui du second, des déviations de 5 à 6 degrés. En ces conditions, l'interposition d'une auge pleine de solution d'iode dans le sulfure de carbone éteignait complétement toute action calorifique dans l'espace où se trouvait primitivement le premier spectre lumineux, et il ne la laissait reparaître bien franche que dans l'orangé et le rouge du second. Évidemment l'action alors observée en ces régions était due à des rayons obscurs du premier spectre ; et, d'après la place qu'ils occupaient, on voit que leur longueur d'onde devait être double de celle du rouge ordinaire.

Polarisation par émission.

On a vu dans les pages précédentes comment les travaux que nous analysons avaient, au point de vue physique, résolu la plupart des difficultés que présentait la théorie de Prévost et de Fourier. Toutefois il en est encore une, la plus grave peut-être, sur laquelle nous ne sommes pas encore revenu. Cette difficulté est celle qui s'était présentée à Poisson lorsqu'il avait voulu tenir compte de la polarisation dans le calcul des échanges de chaleur. MM. de la Provostaye et P. Desains la résolurent : 1° en montrant que les corps qui polarisent la chaleur par réflexion la polarisent aussi par émission ; 2° en faisant voir que le plan de la polarisation partielle des rayons calorifiques émis par un corps est perpendiculaire au plan de la polarisation partielle qu'il imprime aux rayons réfléchis ; 3° enfin, en démontrant que, d'après les grandeurs relatives des pouvoirs réflecteurs et émissifs, d'une part, et d'après l'intensité de la polarisation communiquée aux rayons réfléchis et aux rayons émis, d'autre part, il arrive que les effets de la polarisation par émission compensent exactement ceux de la polarisation par réflexion dans une enceinte dont tous les points sont primitivement à même température. Alors il ne chemine dans l'enceinte que de la chaleur naturelle, et l'on conçoit sans difficulté la persistance de l'équilibre.

Méthodes polarimétriques.

Pour arriver à établir le théorème précédent, il fallait évidemment être en possession de procédés polarimétriques qui

(1) M. Tyndall avait déjà reconnu que les liquides et leur vapeur se rangent dans le même ordre lorsqu'on les compare au point de vue de leur pouvoir absorbant pour la chaleur.

(1) La production des interférences calorifiques par les réseaux avait déjà été observée par M. Knoblauch. Le mémoire où il décrit le phénomène a été présenté à l'Académie de Berlin en 1859.

permissent de mesurer le degré de polarisation d'un faisceau calorifique partiellement polarisé. MM. de la Provostaye et P. Desains en ont fait connaître plusieurs et ils en ont fréquemment contrôlé l'exactitude ; en particulier, ils ont fait voir que, appliquées à l'étude du degré de polarisation que les piles de glaces donnent aux rayons qui les traversent ou à ceux qu'ils réfléchissent, les méthodes dont il s'agit conduisent à des conséquences identiques avec celles que l'on tire de la connaissance des lois suivant lesquelles la chaleur polarisée est réfléchie ou transmise par une pile de glaces superposées. Enfin MM. de la Provostaye et P. Desains ont employé les mêmes méthodes polarimétriques dans un ensemble de recherches qu'ils ont faites pour étudier les phénomènes de polarisation et de dépolarisation de la chaleur à la surface des corps diffusants.

Recherches théoriques sur les échanges de chaleur.

A cette étude expérimentale des lois de la chaleur rayonnante, MM. de la Provostaye et P. Desains ont joint une série assez étendue de travaux mathématiques sur les échanges de chaleur, en s'attachant spécialement aux problèmes dont la solution pouvait être contrôlée par l'observation. Ainsi ils ont trouvé théoriquement et vérifié expérimentalement que, quand un thermomètre a un pouvoir émissif considérable, on accroît le temps de son refroidissement dans une enceinte en faisant croître le pouvoir réflecteur de cette dernière. Au contraire, le changement d'état de la surface de l'enceinte n'a qu'une influence à peu près nulle si le thermomètre a un pouvoir émissif très-faible.

Ils ont traité en détail le cas des échanges de chaleur entre un thermomètre et une source placés dans une enceinte à température constante. C'est d'une discussion de cette sorte qu'ils ont déduit la méthode à l'aide de laquelle ils ont déterminé les pouvoirs absorbants ; ils en ont aussi déduit l'explication d'un phénomène curieux qu'ils avaient observé dans le cours de leurs recherches sur la mesure de ces derniers pouvoirs. Lorsqu'on expose successivement, dans l'air et dans un vide très-approché, au rayonnement d'une même source, un thermomètre différentiel ayant l'une de ses boules dorée et l'autre couverte de blanc de céruse, on voit l'index indiquer par sa position finale que la boule dorée s'échauffe plus que l'autre dans le vide et moins qu'elle au contraire dans l'air. Les calculs qui mènent à l'explication de ce fait sont d'une grande simplicité.

Les physiciens dont nous analysons les travaux ont aussi trouvé à priori et vérifié expérimentalement les formules qui donnent l'influence qu'exerce, sur le rayonnement d'un corps athermane et chauffé à température constante, une lame diathermane capable de laisser passer directement une partie de la chaleur émanée du cube, et que l'on applique contre sa paroi ; et ils ont discuté par le calcul le rôle que joue dans les échanges de chaleur une lame diathermane introduite dans une enceinte à même température qu'elle.

Enfin M. de la Provostaye, dans un mémoire tout analytique, a repris ces différentes questions de l'équilibre et du mouvement de la chaleur dans les enceintes, en mettant en évidence la complexité de la composition des flux de chaleur. Cet important travail a été inséré aux *Annales*, 3e série, tome LXXVII.

IV. — Propagation de la chaleur dans les corps athermanes. — Physique du globe.

Dans les chapitres relatifs à l'étude de la chaleur rayonnante proprement dite, nous avons plus d'une fois cité les noms de Fourier et de Poisson. Mais les travaux que ces illustres géomètres ont laissés sur la théorie de la chaleur sont surtout relatifs à la propagation de cet agent, par voie de conductibilité, dans l'intérieur des corps athermanes. Lambert est le premier qui ait songé à s'occuper de questions de ce genre. Dans sa *Pyrométrie*, il montre comment la distribution des températures dans une barre chauffée par l'une de ses extrémités peut être représentée par des formules dont les indications sont d'accord avec l'expérience. Plus tard, en 1804, Biot reprit le même problème ; il donna les équations différentielles qui font connaître, soit l'état variable de la barre pendant son échauffement ou son refroidissement, soit l'état permanent qui lui succède.

Bientôt après, Fourier entra dans la voie nouvelle que ces premiers travaux venaient d'ouvrir, et en quelques années il obtint un ensemble de résultats assez considérable pour constituer un traité complet, qui fut couronné par l'Académie en 1812.

Un rapport sur ce traité fut imprimé aux *Annales de chimie et de physique* (2e série, tome III, 1816).

On y trouve défini de la manière suivante le but que l'auteur se propose, et qu'il atteint dans un grand nombre de cas :

« Si un corps dont les diverses parties sont inégalement échauffées est placé dans l'air entretenu à une température donnée, par exemple celle de la glace fondante, la distribution primitive de la chaleur changera continuellement dans l'intérieur du solide, par l'effet de la communication et par celui du rayonnement qui a lieu à la surface. L'analyse détermine cette variation instantanée des températures et fait connaître le nouvel état du solide pour chaque valeur du temps écoulé, c'est-à-dire qu'elle exprime la température de chaque point en fonction de ses trois coordonnées et du temps. On détermine par ces formules la quantité de chaleur qui, pendant un temps quelconque, passe d'une portion de ce corps dans une portion contiguë, à travers une surface dont la position et l'étendue sont données. »

De Laplace, Poisson, MM. Lamé, Duhamel, etc., apportèrent de nombreux et importants développements à la science nouvelle dont le traité de Fourier avait été la première manifestation, et en 1837 Poisson publia à son tour sur ces matières un ouvrage considérable ayant pour titre : *Théorie mathématique de la chaleur*.

Les titres seuls des travaux que nous citons ici indiquent que la partie analytique en est la partie dominante. Toutefois un grand nombre des résultats auxquels ils conduisent sont de nature à se prêter à des vérifications expérimentales, et ces vérifications ont été faites.

Dans plusieurs séries de recherches publiées en 1821 et 1838, C. Despretz s'est attaché à prouver, par des expériences très-précises, l'exactitude des conséquences de la théorie touchant la propagation de la chaleur dans les barres. Il a opéré sur des cylindres ou des prismes solides, de formes, de dimensions, de natures très-diverses. Il a opéré sur des colonnes liquides, en prenant soin de les chauffer par la partie supérieure. Dans tous les cas, il a vu que la distribution de la

chaleur était telle que la théorie l'indiquait pour les circonstances de l'expérience. Enfin, et ces vérifications obtenues, il a pu déduire de ses résultats les valeurs numériques des coefficients de conductibilité intérieure des corps sur lesquels il opérait.

Dans des recherches postérieures (1856), M. Gouillaud a d'abord contrôlé l'exactitude des conséquences auxquelles Despretz était arrivé, puis il a déterminé la manière dont varient, avec la température à l'origine de la barre, avec les dimensions et la conductibilité de cette dernière, les valeurs numériques des constantes qui figurent dans l'équation par laquelle se trouve représentée la distribution des températures dans l'état permanent.

Les expériences dont nous venons de citer les résultats sont exclusivement relatives aux cas de la propagation de la chaleur dans les corps homogènes. A la surface de pareils corps, la chaleur doit évidemment se mouvoir avec une égale facilité dans toutes les directions. En est-il de même lorsqu'il s'agit de corps cristallisés dans un système autre que le système régulier? ou bien les différences d'élasticité que ces corps présentent dans les différentes directions doivent-elles être accompagnées d'une inégale conductibilité, comme elles le sont d'une inégale dilatabilité dans ces différentes directions? Tel est le problème que de Senarmont s'est posé vers 1847; il l'a résolu en faisant voir que, pour les cristaux qui n'appartiennent pas au système cubique, la facilité de la propagation de la chaleur suivant une direction déterminée dépend de l'orientation de cette direction par rapport aux axes cristallographiques.

Deux mémoires ont été publiés sur ce sujet par de Senarmont; ils sont insérés aux tomes XXI et XXII des *Annales de chimie et de physique*, 3e série.

Chaleur terrestre. — *Chaleur solaire*.

« Par la netteté avec laquelle l'expérience vérifie la théorie de la propagation de la chaleur dans les barres, les géomètres et les géologues sont, dit Despretz, en son mémoire de 1837, autorisés à regarder comme parfaitement d'accord avec les faits les principes de la théorie de la propagation de la chaleur par voie de conductibilité. » Or, ces principes ont conduit Fourier, et après lui de Laplace et Poisson, à des résultats fort importants touchant la chaleur du globe.

Cette chaleur, dit Fourier (*Annales de chimie et de physique*, 2e série, tome XXVII), dérive de trois sources qu'il importe de distinguer :

1° La terre est chauffée par les rayons solaires, dont l'inégale distribution produit la diversité des climats.

2° Elle participe à la température des espaces planétaires, étant exposée à l'irradiation des astres innombrables qui environnent de toutes parts le système solaire.

3° Enfin elle conserve encore dans l'intérieur de sa masse une partie de sa chaleur d'origine.

Dans une série de travaux publiés de 1820 à 1824, Fourier étudie l'influence de ces trois sources.

La chaleur centrale se dissipe avec une extrême lenteur. Elle ne modifie plus que d'une quantité fort petite les températures superficielles. Quant aux rayons que le soleil envoie incessamment au globe, ils y produisent deux effets très-distincts. L'un est périodique et s'accomplit tout entier dans l'enveloppe extérieure. L'autre est constant; on l'observe dans les lieux profonds, à 30 mètres par exemple. La température de ces lieux ne subit aucun changement sensible da[ns] le cours d'une année; elle est fixe, mais elle est très-dif[fé]rente d'un climat à l'autre...

Ces propositions sont pleinement vérifiées par les observ[a]tions des variations diurnes et annuelles de la températur[e à de] petites profondeurs; leur énoncé suffit à indiquer toute l'[é]tendue des services que la théorie mathématique de la ch[a]leur rend à la physique du globe; mais, comme nous l'avo[ns] déjà fait remarquer, nous n'avons pas à résumer la part[ie] analytique de l'importante théorie qui les a fournis.

Vers l'époque où Poisson publiait son dernier mémoire s[ur] la chaleur du globe, M. Pouillet faisait concourir le calcul [et] les observations les plus délicates à la solution de questi[ons] non moins importantes pour la physique générale que cell[es] dont s'étaient occupés jusque-là les illustres géomètres do[nt] nous avons tant de fois cité les noms en ce chapitre. Il suivai[t] dans leur marche générale et mesurait dans leur grandeur absolue les échanges de chaleur qui ont lieu entre le soleil et la terre, entre la terre et les espaces stellaires, et il marquait la part que joue dans ces grands phénomènes l'action absorbante de l'atmosphère terrestre; en d'autres termes, il montrait comment, par l'application des procédés thermométriques ordinaires, on peut acquérir les notions les plu[s] curieuses touchant : 1° la radiation du soleil vers la terre; 2° l'absorption par l'atmosphère de la chaleur solaire ou terrestre; 3° l'émission de la chaleur atmosphérique vers la terre. Enfin il donnait une méthode qui permet de déduir[e] la température de l'espace d'observations actinométriques faites à la surface de la terre.

Pour aborder ces grandes questions par la voie de l'expérience, la seule qui pût conduire à une solution, M. Pouillet a employé deux appareils différents, auxquels il a donné les noms de *pyrhéliomètre* et *actinomètre*.

Pyrhéliomètre. — Le pyrhéliomètre est une boîte de cuivre mince, ayant la forme d'un cylindre très-surbaissé. Elle contient un poids connu d'eau et un thermomètre sensible qui en donne exactement la température. L'une des bases de cette boîte est noircie. Lorsqu'on l'expose normalement aux rayons solaires pendant un laps de temps déterminé, cinq minutes par exemple, le thermomètre accuse une élévation de température de laquelle on peut, toutes corrections faites, déduire la quantité de chaleur absorbée pendant le temps de l'expérience. Durant plusieurs années, M. Pouillet fit un très grand nombre d'observations analogues à celle que nous venons d'indiquer, toujours par des temps bien purs, mais du reste dans les conditions les plus variées de hauteur du soleil et d'épaisseur atmosphérique traversée. En comparant les élévations de température t du pyrhéliomètre et les épaisseurs atmosphériques correspondantes ε, M. Pouillet a vu que « l'on peut très-bien représenter les résultats par la formule $t = \alpha p^{\varepsilon}$, α et p étant deux constantes. De plus, en déterminant ces constantes par deux observations de chaque série, on retombe toujours sur la même valeur de α pour toutes les séries; mais les valeurs de p sont souvent différentes lorsqu'on passe d'une série à l'autre, suivant que la sérénité du ciel est plus ou moins parfaite; α est la constante solaire, p la constante atmosphérique. » D'après la valeur numérique de la constante α, M. Pouillet a pu conclure que, si la quantité totale de chaleur que la terre reçoit du soleil en une année était uniformément répandue sur tous les points du globe, et qu'elle y fût employée sans perte aucune à fondre de la glace,

elle serait capable de fondre une couche de glace qui envelopperait la terre entière et aurait pour épaisseur 30m,89. Seulement toute cette chaleur n'arrive pas directement au sol; même par un ciel serein, l'atmosphère en absorbe une proportion qui varie entre 0,3 et 0,5, suivant l'état atmosphérique, et de là les variations de la constante ρ. Quant à la quantité totale de chaleur que le soleil émet chaque jour, elle serait capable de fondre une couche de glace qui envelopperait complétement cet astre sur une épaisseur de 17000 mètres environ.

Actinomètre. — L'actinomètre consiste en un thermomètre mobile, reposant sur une couche de duvet de cygne, qui forme le fond d'une boîte plate, enveloppée elle-même de duvet, et dont les rebords ont une hauteur telle que le thermomètre ne puisse voir que les deux tiers du ciel. Exposé la nuit à l'air libre, ce thermomètre s'abaisse plus ou moins au-dessous de la température d'un thermomètre voisin placé à 50 centimètres au-dessus du sol. Cet abaissement dépend des échanges qui s'opèrent par voie de rayonnement entre lui, l'atmosphère et les espaces. Il dépend, par conséquent, de la température de l'espace, de la distribution de la chaleur dans l'atmosphère, ou plutôt de la température moyenne de cette atmosphère, et surtout de son pouvoir absorbant pour la chaleur terrestre. M. Pouillet a trouvé les relations qui lient ces différentes quantités, et, en comparant les données de ses expériences actinométriques aux indications de sa théorie, il est arrivé à ces conséquences, que « l'atmosphère absorbe environ les neuf dixièmes de la chaleur émise par la terre, et que la température des espaces doit être actuellement voisine de — 150 degrés. » Les recherches de M. Pouillet sur l'absorption atmosphérique sont le point de départ de toutes celles qui ont été faites sur l'action absorbante exercée sur la chaleur par les gaz transparents. Grâce à l'extrême étendue de l'échelle sur laquelle elles étaient faites, elles ont rendu manifeste une action absorbante qui aurait sans doute échappé aux mesures, si l'on eût voulu la chercher dans des couches de quelques mètres d'épaisseur seulement; de plus, elles ont fait voir toute l'influence que la nature du rayonnement exerce sur la grandeur du phénomène.

En 1855, M. Frantz commença à ramener dans le domaine des laboratoires les expériences relatives à l'action absorbante des gaz sur la chaleur, et il manifesta nettement celle que la vapeur de brome et celle d'acide hypoazotique exercent sur les rayons d'une lampe. Quelques années plus tard, M. Magnus établissait l'existence de très-grandes inégalités entre les pouvoirs absorbants des différents gaz incolores.

Enfin, vers la même époque, M. Tyndal mettait en évidence l'extrême facilité avec laquelle un grand nombre de vapeurs absorbent la chaleur obscure, et retrouvait ainsi dans ses expériences une vérification du principe que M. Pouillet avait établi en montrant que l'atmosphère absorbe presque toute la chaleur rayonnée par la terre vers les espaces stellaires, tandis qu'elle n'arrête en moyenne que les quatre dixièmes des rayons venus directement du soleil (1).

(1) Nous ne pouvons qu'indiquer ici les importantes recherches de M. Magnus et de M. Tyndal sur l'absorption de la chaleur par les substances gazeuses. Elles sont imprimées aux *Annales de Poggendorff*, au *Philosophical Magazine*, et l'on en trouve des extraits aux *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome LIX et suivants. — Voyez une conférence de M. Tyndal sur la chaleur rayonnante dans le tome III de notre *Revue*, page 226, 3 mars 1866.

Les mémoires dans lesquels M. Pouillet a établi les propositions que nous venons d'énumérer ont été présentés à l'Académie en 1838. Ils sont imprimés par extraits au tome XII des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, et l'on en trouve un résumé dans la sixième édition du *Traité de physique et de météorologie* de l'auteur.

P. Desains,
Professeur à la Faculté des sciences de Paris.

CONFÉRENCES DU BOULEVARD DES CAPUCINES.

M. W. DE FONVIELLE.

Le Scorpion.

Depuis quelque temps les amateurs d'astronomie contemplative peuvent admirer tous les soirs une belle étoile tirant sur le rouge. Nouvelle venue, elle n'ornait point la voûte céleste pendant les rudes nuits de l'hiver. Cet astre brillant, qui se nomme Antarès, était resté caché par la clarté du soleil, alors que Sirius et Orion, voisins du méridien de minuit, étincelaient dans toute leur gloire. L'apparition encore récente de cette étoile n'est point la seule raison qui nous engage à lui consacrer une de nos séances du cours d'actualités astronomiques. La constellation dont cette brillante étoile fait le plus bel ornement se trouve dans une région relativement pauvre en astérismes éclatants; car la voûte céleste sera bien moins constellée pendant la visibilité d'Antarès que pendant la période où Orion brillait d'une manière si poétique au milieu des nuits sans lune.

Nous ne penserons point à regretter cette circonstance, car la terre offrira trop d'objets pour nous distraire et nous faire perdre de vue les splendeurs du firmament. Si nous voulions apprécier combien les régions célestes qui se montrent à nous sont inférieures à celles que nous avons perdues, il faudrait nous transporter au cap Horn, ou au moins dans le détroit de Magellan. Alors nous verrions le Scorpion et la Vierge, impuissants à égayer les nuits froides d'un hiver aussi rigoureux que celui de la Russie, et par des latitudes analogues à la nôtre. Étrange contraste, bien digne d'attirer l'attention des philosophes! Ne fait-il pas songer involontairement à la disproportion corrélative qui existe dans la répartition des terres entre les deux hémisphères? N'existe-t-il point une sorte de mystérieuse liaison entre les différences d'aspect qu'offrent les deux moitiés du ciel et les deux moitiés de la terre? Ne semble-t-il point que des transformations lentes doivent accompagner le cours de la grande année de la nature, la mystérieuse période de quarante mille ans, pendant laquelle notre équinoxe décrit un tour entier de la sphère céleste? Ne se demande-t-on point ce que sera notre France lorsque nos nuits d'hiver seront éclairées par le Scorpion, lorsque la petite Ourse aura cédé sa place à la Lyre, et que Sirius lui-même aura cessé d'être visible pour nos descendants?

En consultant la *Connaissance des temps*, on s'assure qu'Antarès est à 16 degrés de latitude australe, aux extrémités méridionales de la bande zodiacale. Cette étoile ne s'élève donc jamais beaucoup au-dessus de l'horizon de Paris. Cependant la disposition des étoiles qui l'entourent est si étrange, que les gens de la campagne lui donnent un nom particulier et l'appellent le Râteau. Ce n'est pas sans motifs qu'ils ont adopté cette dénomination, car l'ensemble de cette constella-

tion singulière rappelle assez la forme du modeste objet d'agriculture auquel, en langue vulgaire, elle a été consacrée. Le Scorpion ou Râteau, la constellation qui nous occupe, se trouve placé, dans la bande zodiacale, après la Balance et avant le Sagittaire.

Dans les temps anciens, son étendue était double de ce qu'elle est maintenant, la Balance en faisait partie, car elle était connue sous le nom des Serres du Scorpion. La constellation actuelle ne formait plus que le corps de l'animal mythologique. Arrachées par une nouvelle classification du ciel, les Serres ont repoussé; car, pas plus que son fauve homonyme, le Scorpion céleste ne peut se passer d'armes à sa partie antérieure tournée vers le Soleil, pour indiquer sans doute que le mouvement de l'astre éprouve un ralentissement dans sa course, lorsqu'il arrive dans son voisinage.

Les Égyptiens ont consacré cette constellation à Typhon, dieu du mal, génie hideux, effrayant, lugubre, dont les incarnations sont l'hippopotame, le crocodile et le scorpion. C'est Typhon qui a tué Osiris par trahison. Il l'a renfermé vivant dans un cercueil qu'il a fait jeter dans le Nil, et Isis éplorée va retrouver le cadavre de son époux, à peu près comme la fille de Pharaon rencontra le berceau de Moïse arrêté dans les roseaux. Mais Typhon ne se contente pas de tuer son ennemi, il veut le priver des honneurs de la sépulture; acharné à la destruction des restes de sa victime, ce farouche assassin s'empare pendant la nuit du cadavre, le coupe en quatorze lambeaux qu'il sème dans les différentes provinces de la basse Égypte. Isis retrouve les débris épars, sauf un que la pudeur me défend de nommer, et rend les honneurs funèbres à son divin époux.

Y a-t-il un sens historique aussi bien qu'astronomique dans cette parabole? On serait tenté de le croire. En effet, les traditions relatives à Typhon ont été recueillies dans la mythologie grecque, qui leur a fait subir des modifications insignifiantes : le géant malfaisant a presque conservé son nom; il se nomme Typhée, il est encore l'antagoniste du grand dieu grec, de Jupiter. C'est un fils de la Terre et de l'Érèbe, qui, comme le Typhon égyptien, réunit les formes de l'homme à celles des bêtes sauvages. On l'honorait, comme le meurtrier d'Osiris, par des courses solitaires dans les ténèbres, des hurlements, peut-être des sacrifices humains.

Le Scorpion céleste a été créé, comme Typhon, qui est son incarnation divine, pour la satisfaction des mauvais sentiments. Il a été l'instrument de la vengeance de Junon; il est sorti du néant pour frapper les deux fils de Latone, Diane et son frère Apollon. C'est Orion qui s'est dévoué, qui a reçu le venin dans ses veines, et qui a succombé, rendant inutile la conjuration de la vindicative déesse. Jupiter, aussi politique que l'aurait été un monarque du XIX[e] siècle, élève de Machiavel, met indistinctement au rang des dieux le bourreau et la victime. Il trouve le secret d'être agréable à la fois à Latone et à Junon. On voit que dans ce temps-là les étoiles ne coûtaient pas grand'chose au maître des hommes et des dieux, puisqu'il pouvait les distribuer avec une pareille prodigalité.

Le moment où le Scorpion se montre dans notre ciel ne précède que de peu de temps l'époque où les rayons du Soleil viennent effacer le plus beau de tous les groupes célestes, celui qui est consacré à Orion, victime du Scorpion. Cette circonstance devait nécessairement frapper les premiers astronomes, à qui l'on doit les mythes que nous venons d'esquisser.

On peut encore trouver facilement une explication naturelle de l'influence néfaste attribuée au Scorpion par les astrologues et par les poëtes.

A l'époque où Hésiode et les Homérides donnaient une forme nouvelle et plus gracieuse aux mythes égyptiens, le Soleil se trouvait dans le Scorpion au moment de la chute des feuilles. Les Grecs, profonds observateurs, quoi qu'on en ait dit, avaient remarqué cette coïncidence. Ignorant les lois de la physiologie végétale, ils avaient eu recours aux astres pour découvrir une explication naturelle du phénomène. Ils l'avaient assez philosophiquement attribué à une qualité spéciale des rayons solaires, qualité provenant de l'influence néfaste des étoiles dans le voisinage desquelles le soleil se trouvait alors, et dont sa clarté empêchait d'apercevoir l'éclat. L'opinion qui faisait du Scorpion le symbole de l'introduction du mal dans la nature semble donc fondée sur une interprétation sérieuse, quoique incomplète, d'une des conséquences des mouvements célestes. L'astronomie primitive a donc fatalement fourni un symbole d'une catastrophe qu'on retrouve dans les annales de tous les peuples. Car on peut dire que toutes les religions sont unanimes pour enseigner que l'homme a été créé innocent et pur, que l'âge d'or a été l'heureux régime de l'humanité naissante, que la faute en est à l'homme s'il a encouru la colère des dieux.

L'étymologie du mot *Antarès* est inconnue. En arabe, on l'appelle *Qalb el âgreb*, ce qui veut dire *Cœur du Scorpion*, nom qu'on lui donne fréquemment en français. Mais on se borne souvent à dire en arabe, *Qalb*, ou le Cœur par excellence. On ne cherche point à le distinguer de Régulus, qui est le Cœur du Lion. Cette préférence donnée à Antarès pourrait déjà indiquer à elle seule que les Arabes avaient une affection réelle pour cette étoile que d'autres peuples trouvaient de si mauvais augure. Diverses circonstances peuvent expliquer ce contraste.

On sait que les Sémites possédaient une astronomie lunaire, et que les peuples musulmans la conservent encore de nos jours. Au lieu de diviser leur zodiaque en douze maisons, comme les peuples à astronomie solaire, les Sémites l'avaient partagé en vingt-huit maisons lunaires. Chacune d'elles marquait à peu près la route que la lune parcourt en un jour de temps sur la sphère céleste. La constellation du Scorpion renferme, comme toutes les autres, un peu plus de deux de ces maisons lunaires; mais, au lieu de porter un nom emprunté à d'autres considérations, la maison lunaire qui correspond à Antarès est appelée le *Cœur* par les astronomes arabes, et celle qui suit dans l'ordre des signes se nomme le *Dard* ou l'Aiguillon. Le nom de la constellation lunaire est, circonstance digne de remarque, le même que celui de la constellation solaire.

Il est impossible de ne point rappeler, après avoir constaté cette circonstance, que la constellation du Scorpion était, comme nous l'avons dit plus haut, consacrée, chez les Égyptiens, à Typhon; car Typhon était resté, pendant toute la durée du second empire égyptien, le symbole des Hycksos ou des Pasteurs, qui ont mis fin au premier empire, à celui de Memphis, et les Hycksos nomades ne sont autres que les communs ancêtres des Hébreux et des Arabes. Alors nous comprendrons mieux le mythe d'Isis allant chercher les débris du corps de son mari, dispersés par Typhon dans tous les nomes de la basse Égypte. Isis sera peut-être pour nous le symbole de la nation elle-même. Nous verrons dans ces traditions une patriotique allusion à ces grands événements, à l'expulsion des

consic
de re
races
loppe
veme
N'es
avec s
de tra
parais
qu'An
A l'ép
était
de gr
prod
sphè
geaie
taient
ou la
enfin.
avaie
génie
comm
astrol
La
remar
d'abor
posée
égal.
étoile
lème
sard,
dans l
coup
rôle q
Scorpi
montr
pemen
astres
lème n
prime
vivant
La co
plus h
que le
grande
sant e

Quant aux périodes de temps nécessaires pour arriver à ces transformations, elles sont tellement grandes, que l'imagination s'épuiserait en vain à chercher des moyens de les évaluer numériquement. C'est évidemment pécher contre les règles de la philosophie première que de supposer que nous pouvons constater les différences qui se produisent dans les états successifs de corps célestes dont les dimensions dépassent en quelque sorte jusqu'à notre faculté de créer des nombres. Eût-on observé ces corps scientifiquement depuis l'origine de l'astronomie positive, on doit les retrouver constamment pareils à eux-mêmes. Quand on constate des différences dans leur aspect, il n'est ni philosophique ni prudent de commencer par croire que ce sont ces corps célestes qui ont varié brusquement. La pente irrésistible d'une haute analogie nous conduit à admettre que, sauf de rares exceptions, c'est la transparence des cieux qui a été modifiée. Ce que nous savons de l'existence des anneaux de corpuscules célestes est bien fait pour nous confirmer dans cette opinion. Quand on songe à l'effroyable quantité de substances de toute nature que doivent contenir les cieux dans toutes les directions, le long de la route que la lumière met à venir des étoiles, on n'arrive point à s'étonner que ces astres éprouvent quelques modifications de teinte ou d'éclat. On ne sera point surpris de voir les nébuleuses se transformer. C'est l'opinion inverse qui se produira en nous : on sera tout étonné que les variations ne soient pas plus fréquentes, que l'on n'assiste pas plus souvent à l'apparition d'étoiles temporaires.

Pogson (de Madras) a étudié en 1850 cet amas d'étoiles inscrit par Messier dans le catalogue de la *Connaissance des temps*, publié par de Lalande. Il a constaté sous ses yeux des variations notables, mais il en a conclu, conformément aux principes que nous venons d'exposer, que les espaces célestes avaient subi quelque part une modification quelconque se manifestant par cette modification dans l'aspect de la nébuleuse. Des anneaux ou courants d'astéroïdes, de matières à l'état liquide ou gazeux, étaient peut-être venus se placer entre l'étoile et nous, peut-être d'autres s'étaient-ils écartés. L'imagination la plus féconde ne peut se représenter la diversité des phénomènes qui doivent se produire le long d'une route que, malgré sa vitesse, la lumière met plus d'un siècle à parcourir, et où règnent partout, sous mille formes, dans mille états incompréhensibles pour nous, le mouvement et la vie.

C'est surtout dans les siècles passés que la constellation du Scorpion offrit un puissant intérêt. En effet, à deux reprises différentes, trois siècles avant l'ère chrétienne et neuf siècles après, on vit apparaître au milieu de cette partie du ciel une étoile temporaire. Le premier astronome qui observa ce fait étrange est un astronome chinois, continuateur de Confucius, et le récit du phénomène a été traduit par M. Édouard Biot, dans ses *Études d'astronomie chinoise*. Le second observateur ainsi favorisé fut Albumazar, célèbre astronome arabe qui mit au moins autant de zèle à observer le ciel qu'à recueillir les légendes astrologiques. La découverte d'Albumazar n'est point un fait isolé dans l'histoire du ciel. Ainsi une étoile temporaire a été vue à plusieurs reprises dans la constellation du Serpentaire et une autre dans celle de Cassiopée, avec une période d'apparition que l'on a cru pouvoir fixer à un peu plus de trois siècles. Comme l'échéance possible d'un de ces mystérieux retours approche, nous ne pouvons nous empêcher d'accorder quelque attention au beau phénomène décrit par Albumazar, quoique personne ne l'ait supposé périodique. En effet, l'étoile temporaire du Scorpion, bien différente de celle qui a paru il y a quelques mois dans une région voisine du ciel, avait un éclat supérieur à celui de Sirius.

Beaucoup d'explications ont été mises en avant pour rendre raison de ce singulier phénomène, sur lequel nous aurons peut-être occasion de revenir, qui peut devenir d'un jour à l'autre une haute actualité astronomique. Nous n'avons pas besoin de dire qu'il faut écarter à priori celles qui supposent la formation spontanée de soleils dont le volume et l'éclat dépassent de beaucoup ceux du nôtre. Ne sera-t-il pas plus conforme aux règles de la philosophie naturelle de voir dans ces beaux phénomènes une confirmation nouvelle des idées que nous avons résumées tout à l'heure? Quelle force ne donnerait point l'apparition d'un nouveau soleil, pareil à Sirius, à l'explication admise par M. Pogson pour rendre compte de quelques modifications presque imperceptibles survenues dans la constitution d'une humble nébuleuse. Mais pour accepter sans arrière-pensée une explication aussi rationnelle et, nous ne craignons point de le dire, aussi sage, il faut s'accoutumer à l'idée de ne voir qu'une portion des objets qui nous entourent. Il faut se résigner à dire avec Shakspeare : « Il y a plus de choses sur la terre et dans le ciel qu'on ne le croit dans votre philosophie. »

La lumière d'Antarès a été soumise dans ces derniers temps, par le père Secchi, à l'analyse spectrale. Cet habile observateur a trouvé dans un faisceau des rayons de cette étoile une disposition spectrale analogue à celle de Sirius et d'Hercule. On retrouve dans ces trois étoiles une raie caractéristique de la lumière du soleil, point de raies indiquant la présence de l'hydrogène sur le parcours du faisceau lumineux, mais des raies décelant d'une façon irrécusable le magnésium et le sodium. C'est ce qui se trouve dans un assez grand nombre d'étoiles dont le père Secchi a fait une classe particulière. L'emploi de l'analyse spectrale aura pour résultat immédiat de fixer dans les catalogues la valeur lumineuse des étoiles d'une façon définitive, et de montrer que ce n'est point à l'astronome qu'il faut appliquer le prétendu axiome : *De coloribus non est disputandum*. Mais là ne se borne point son action.

On sait que le son du sifflet d'une locomotive devient plus aigu quand le convoi s'approche, plus grave, au contraire, quand il marche en sens inverse de l'observateur. Comme la production de la lumière est expliquée par des vibrations de l'éther analogues aux vibrations sonores, il est clair qu'un effet analogue doit se produire sur le train de plaisir dans lequel nous parcourons les espaces célestes. La lumière doit être plus grave quand nous nous rapprochons des objets, et plus aiguë lorsque nous nous en éloignons; c'est-à-dire, dans le premier cas la teinte doit passer au rouge, et dans le second elle doit évidemment passer au bleu. Dans le premier cas, des vibrations situées sur la limite de visibilité peuvent devenir trop lentes et donner lieu à un développement de rayons chimiques invisibles. Dans le second, des vibrations lumineuses peuvent être transformées en chaleur obscure.

L'inspection générale du ciel semble donner raison à cette théorie. En effet, les étoiles rouges sont en plus grand nombre dans la région voisine d'Hercule que dans la direction opposée. Mais le père Secchi et plusieurs autres observateurs objectent que les vitesses de translation des étoiles sont trop faibles pour qu'il soit permis de les considérer comme modifiant les teintes de la couleur qu'elles émettent. En effet, on

admet que la vitesse de la lumière est mille fois plus grande que la vitesse de circulation de la terre dans son orbe. Avec les valeurs acceptées pour les parallaxes et pour les mouvements apparents des étoiles, le père Secchi ne croit pas qu'il soit possible d'arriver à donner aux soleils des vitesses aussi grandes; mais les parallaxes sont-elles connues avec une précision suffisante? Les mouvements apparents ont-ils été déterminés avec une exactitude si grande, qu'il n'y ait plus à y revenir? La vitesse de la lumière elle-même n'est-elle point sujette à quelque variation dont les recherches exécutées à la surface de la terre ne nous ont pas permis de constater l'existence? Toutes ces raisons concourent à faire considérer la condamnation portée contre la théorie si ingénieuse de Doppler comme n'étant point définitive. Nous ne nous croirons point autorisé à en faire dores et déjà la base de l'astronomie stellaire; mais nous ne négligerons aucune des occasions que nous fourniront les actualités astronomiques pour la soumettre au contrôle de l'expérience.

W. DE FONVIELLE.

BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE.

Catalogue de mémoires scientifiques (1800-1863), complété et publié par la Société royale de Londres, volume I (Eyre et Spottiswoode).

Les sciences succombent sous leur propre poids. La masse des publications renfermant des recherches originales s'est tellement accrue et s'accroît avec une vitesse si accélérée, qu'il est impossible pour un savant quelconque de savoir ce que l'on a fait même dans sa propre spécialité. Prenons un grand sujet, les mathématiques par exemple; restreignez-le si vous voulez aux mathématiques pures; diminuez l'espace de temps, prenez les mathématiques récentes; choisissez une partie très-saillante, par exemple les règles d'algèbre et les lois des courbes, qui excitent tant l'attention de la Société royale. Prenez quatre mathématiciens qui se sont le plus distingués dans ces recherches élevées, quatre professeurs, par exemple Cayley, Hunt, Smith, Sylvester. Présentez un théorème nouveau et remarquable, et demandez s'il a déjà été donné auparavant, s'il a déjà été imprimé. Il est probable que quelqu'un de ces savants en aura déjà eu connaissance; mais, dans le cas contraire, aucun d'eux ne se hasardera à être affirmatif pour la négative; en tout cas, certainement personne n'oserait répondre pour toute l'Europe et pour dix ans!

Les gens qui ne connaissent point l'état des choses vont avec confiance aux hommes en renom, et leur demandent si tel ou tel détail, même lorsqu'il ne s'agirait que d'un simple arrangement, est original ou non. Bien plus, tout homme qui est connu pour avoir un certain savoir scientifique, sera considéré comme en état de répondre à toute espèce de question sur les sciences. On demandera à un ingénieur qui se sert des mathématiques comme d'un instrument son opinion sur la nouveauté d'un point de pure algèbre; on demandera à un mathématicien qui n'a jamais écrit un mot de mécanique de dire sur-le-champ si telle méthode pour construire un pont est nouvelle. Il doit se trouver heureux si on ne le condamne point à donner son avis sur la solidité d'un système. Feu le doyen Peacock avait l'habitude de raconter l'histoire suivante, qui permet de juger sans trop d'exagération l'extension que l'on donne involontairement à la science des gens que l'on interroge. Un jour qu'il parcourait les compositions de ses élèves à l'Académie de Cambridge, il dit à l'un deux: « Vous avez oublié d'ajouter le logarithme de *r*. » Il prit la plume et il écrivit 0,3010300. Le jeune homme le regarda avec stupéfaction et s'écria: « Comment, monsieur, vous connaissez donc tous les logarithmes? »

Très-souvent cette réponse est, « On peut l'avoir donnée, mais je ne l'ai jamais vue. » Cette réponse est on ne peut plus incorrecte, car un homme ne peut répondre, ni de ce qu'il n'a jamais vu, ni de ce qu'il a oublié. Un auteur a écrit en réponse à une question pareille... « Si ce théorème a été jamais démontré, c'est ce que je ne saurais dire, mais il serait étrange qu'on ne me l'ait jamais envoyé... » Cet auteur l'avait découvert lui-même et imprimé dans un livre élémentaire qu'il avait publié quinze ans plus tôt!

Il y a longtemps que l'on sait qu'un *Catalogue de mémoires scientifiques* est une affaire très-urgente. Une tentative très-utile a été faite par Reuss, qui était, croyons-nous, bibliothécaire à Göttingue. En seize volumes, qui furent publiés en vingt ans, l'astronomie et les mathématiques parurent de 1804 à 1808; il donna les principaux mémoires arrangés par ordre de sujets, et avec un index du nom des auteurs. Une proposition faite en 1855 par le docteur Joseph Henry, du Smithsonian, pour la formation d'un catalogue, fut reçue d'une façon favorable par l'Association Britannique. Quelques correspondances eurent lieu entre l'Association Britannique et la Société royale, avec l'idée d'arriver à une action commune; mais on n'arrêta aucune résolution. En 1858, la Société royale se décida à faire la tentative toute seule. En 1864, le manuscrit était si avancé, qu'il fallut songer à la question d'impression. D'abord on ne s'était occupé que d'un catalogue manuscrit destiné à l'usage personnel de la Société. Le gouvernement accorda que l'impression fût faite aux dépens du Trésor public, à condition que les exemplaires qui resteraient disponibles après le nombre que l'État se réserverait seraient vendus à un prix suffisant pour rentrer dans les dépenses. Nous avons devant nous le premier volume, qui contient un peu plus de mille grandes pages in-4° et qui va, comme l'indique le dos de l'ouvrage, depuis *A* jusqu'à *CLE*. C'est en effet une *clef* nous permettant de deviner ce que sera l'ouvrage complet (1). A, B, C, sont des lettres très-chargées dans tous les index bibliographiques, de sorte que le volume actuel contiendra probablement presque un quart de l'ouvrage.

La liste des journaux depuis les « Archives de médecine d'Aaran » jusqu'à « Zwolle Woornitgang », remplit soixante-six pages. Si nous comptons au hasard le nombre des numéros contenus dans chacune des pages du catalogue, nous arrivons à l'idée qu'il n'y aura pas loin de 200 000 communications enregistrées dans tout l'ouvrage, ce qui en donne 2500 en moyenne par an.

La science ressemble à une île construite par des coraux, et

(1) La précieuse bibliographie scientifique dont nous rendons compte en ce moment a eu quelques antécédents. Citons : un *Dictionnaire technologique*, publié par le Bureau des patentes du royaume de Prusse; un *Dictionnaire de bibliographie scientifique*, publié par Poggendorf. Enfin le Bureau des patentes de Londres publie par livraisons un catalogue général de tous les ouvrages qui entrent dans sa bibliothèque, tant par noms d'auteurs que par ordre de matières. Nous n'avons rien en France de ce genre, excepté les futurs catalogues de la Bibliothèque impériale. Il fut un temps où ces recherches bibliographiques étaient à la mode chez nous aussi bien qu'à l'étranger. Nous citerons comme modèle du genre la *Bibliographie astronomique* de Lalande. (W. DE F.)

ici nous n'avons que la matière pierreuse, le titre sec et décharné. Ceux qui veulent retrouver le produit vivant doivent fouiller dans 1400 séries d'ouvrages.

Les règles pour la construction du *Catalogue* sont très-simples et s'expliquent presque d'elles-mêmes. Nous copions un petit nombre de titres, prenant les derniers qui se trouvent sous les noms que nous donnons :

« AIRY (George Biddell), 143. *First analysis of* 127 *storms registered by the magnetic instruments in the Royal Observatory, Greenwich, from* 1841 *to* 1857 (*Phil. Trans.*, 1863, p. 617-648).

» BERZELIUS (John Jacob), 258. *Sur la découverte de l'acide lactique dans l'économie animale* (*Trans.*, *Journ. de pharm.*, XIII, 1848, p. 477-480; *Phil. Mag.*, XXXIII, 1848, p. 128-133).

» BIOT (Jean-Baptiste), 302. *Précis de l'histoire de l'astronomie chinoise* (*Journ. des savants*, 1861, p. 284, 295, 325-342, 420-436, 468-480, 573-584, 604-622). »

Les règles de la construction de ce *Catalogue* sont de nature à faciliter les recherches, si on les suit ponctuellement. Il n'y en a qu'une dont nous allons dire un mot, ou plutôt que nous allons copier.

« *Les préfixes* d', da, dal, de, *ne sont point considérés comme faisant partie du nom. Ainsi* DE CAGNOLI *sera trouvé sous le titre* CAGNOLI.... *Les noms anglais tels que de Morgan*, *de la Beche*, *van Nuldert*, *sont exceptés*, *les préfixes n'ayant aucune signification dans notre langue.* »

Cette règle a été adoptée dans la rédaction du *Catalogue du British Museum*, et de toutes les règles indiquées en tête de l'ouvrage, c'est la seule qui n'ait point été suivie. On en a fourni la preuve lorsque le *Catalogue* a été examiné par la Commission royale, et l'on s'est servi pour le faire du paragraphe suivant du titre *Académies et Sociétés pour la diffusion du savoir utile :* MORGAN (Auguste de). *Mathématiques*, vol. 1. On aura grand soin ici de suivre exactement cette règle.

Les trois auteurs que nous avons choisis sont des savants qui ont respectivement 142, 258 et 302 communications. Encore n'est-ce point tout ce qu'il y a à leur actif. Berzelius et Biot figureraient l'un et l'autre sur les inventaires scientifiques de l'autre siècle. Brewster compte 249 communications dans ce siècle; Cauchy, 478, qui lui appartient entièrement; Challis, 140; Cayley, 308. Beaucoup de ces communications consistent en un petit nombre de mots; mais en science pure quelques mots peuvent représenter tout le travail d'une semaine de labeur. Sans contredit, l'homme de science est un dur travailleur. Mais il est probable que personne ne rivalisera jamais avec Euler en longueur de vie scientifique, en persévérance et en nombre de communications.

La vie scientifique d'Euler commence en 1736, la première année où il produisit avec rapidité; elle s'étend sur une période de quarante-sept ans, sur lesquelles il faut compter dix-sept années de cécité absolue, et pendant tout le temps de sa carrière il souffrit des conséquences d'une fièvre qui lui enleva un œil. Il n'était point retiré du monde, car il se maria deux fois, et il eut treize enfants. Sa vie n'était point exempte de ces calamités, qui interrompent forcément le cours des travaux. Dix de ses enfants et douze de ses petits-enfants moururent avant lui. Sa maison devint la proie des flammes et fut totalement brûlée. Une tentative que firent les médecins pour lui rendre la vue, en lui donnant une irritation de poitrine, lui fit contracter une maladie qui le mit à deux doigts du tombeau. Il aimait la conversation, la société de sa famille et la musique. Pendant tout le temps de sa carrière, il fut attaché à la cour, et il était par conséquent aux ord de ses patrons, qu'ils fussent rois ou empereurs. Il parais si peu impropre à la vie, active qu'en 1730, lorsqu'il a vingt-trois ans, quand il semblait que l'Académie de Sai Pétersbourg allait être dissoute, un amiral lui offrit une c mission de lieutenant. Si l'on compte ses mémoires e l'on considère chacun de ses ouvrages séparés (dont q ques-uns ont plusieurs volumes), comme représentant moyenne vingt mémoires, ce qui est une évaluation insu sante en raison de leur longueur et de la difficulté des n tières qu'ils traitent, on arrive aux résultats suivants. Dis buez également pendant toute la durée de la vie scientifiq d'Euler les ouvrages qu'il a écrits, ce qui ne sera pas t éloigné de la vérité, et vous verrez que pendant quarante-s années consécutives, il a produit tous les quinze jours un m moire exposant des inventions mathématiques, ayant qu quefois des dimensions considérables à cause des corollair et des scholies dont il était surchargé. Le pouvoir de l'inven teur est presque uniformément distribué sur toute cett masse de travaux, et nulle part on ne trouve la trace d'u effort sensible (1). Il serait impossible de citer un autre exem ple pareil dans l'histoire des inventeurs; on peut le compar au *Pédestrien*, qui fait mille milles en mille heures! il fa ajouter qu'il y a des manuscrits d'Euler, et en grand nomb qui n'ont point été publiés, qu'il y en a d'autres qui ne l'o été que récemment, et qui ne sont pas compris dans le comp des *Notes and Guerries.*

Le *catalogueur* est le *vates sacer* de ces héros. Sans l leurs œuvres sont noyées dans la masse des journaux scien fiques, que l'on ne peut pas facilement se procurer, et q n'ont souvent que des *index* imparfaits. La difficulté de l découvrir est doublée par celle d'y déterrer ce que l'on cherche. Par son entreprise actuelle, la *Société royale s'es* acquis un titre sérieux à la gratitude de toutes les per sonnes qui cultivent la science. Elle leur épargne une grand peine et elle leur donne le moyen d'atteindre le but qu'elle poursuivent. Il faut plus de courage que les lecteurs n l'imagineraient pour regarder en face une pareille entre prise, et plus d'énergie qu'on ne le croit pour la poursuivre; faut aussi plus d'industrie qu'on ne le suppose pour la mener bonne fin. On nous dit qu'on peut s'attendre à l'appariti d'un second volume avant la fin de l'année, et que probabl ment l'ouvrage en contiendra six. La grande difficulté da une entreprise de cette nature, c'est la correction. On toute raison de croire qu'elle a été obtenue par la Socié royale. Mais ceux qui connaissent la difficulté de l'entrepri tremblent que les moyens dont on s'est servi pour sortir d sources communes d'erreur n'aient mené à des erreurs i connues. Stevens dit : « Si vous vous sentez troublé par l'or gueil d'avoir obtenu la perfection dans un ouvrage, et que vous vouliez vous en guérir, *imprimez un catalogue.* »

— Traduit de l'anglais par W. DE FONVIELLE. —

(1) Qu'on nous permette de citer un exemple curieux. Euler est mort à Saint-Pétersbourg, deux mois après l'expérience de Montgolfier à Annonay. Il était aveugle, et cependant il eut le temps de faire un calcul sur la hauteur à laquelle peuvent s'élever les aérostats en supposant leur volume constant. On trouva ces calculs sur l'ardoise dont il se servait; les formules où il emploie l'analyse la plus compliquée avec une lucidité merveilleuse sont les dernières qui soient sorties de sa craie.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 31 — 4 JUILLET 1868

COLLÉGE ROMAIN.

LE P. SECCHI
(correspondant de l'Institut).

Les Soleils ou les Étoiles fixes.

Le soleil qui nous éclaire est simplement une des innombrables étoiles qui peuplent les espaces célestes, n'ayant rien qui le distingue de ces astres, si ce n'est la distance relativement insignifiante qui nous sépare de lui. C'est parce qu'il est plus rapproché qu'il acquiert une plus grande importance par l'influence qu'il exerce sur la terre; s'il se trouvait tout à coup transporté au milieu des étoiles les plus voisines de nous, c'est à peine si nous pourrions à l'œil nu l'apercevoir comme une étoile de sixième grandeur; il cesserait complétement d'échauffer notre planète, de l'attirer et de la guider dans sa course.

Dès lors, après avoir parlé du soleil, nous sommes naturellement amené à dire quelques mots sur les étoiles.

Et que savons-nous de ces astres brillants qui, au premier abord, paraissent uniquement destinés à embellir la voûte céleste? En présence de cette immensité qui se déroule à nos yeux, l'homme se sent bien petit, et l'admiration semble devoir être le seul hommage qu'il puisse rendre au Créateur de tant de merveilles. Mais, si petits que nous soyons, nous pouvons étendre le domaine de nos connaissances jusqu'à ces distances incalculables, et notre admiration sera d'autant plus légitime, qu'elle sera plus éclairée. Essayons donc de nous rendre un compte exact de ce que la science peut actuellement nous apprendre sur l'astronomie stellaire. Depuis quelques années, ces études ont fait de grands progrès; on lira sans doute avec intérêt une discussion sommaire, mais assez approfondie, des immenses travaux dus à Herschel, Struve et quelques autres astronomes modernes.

I. — Systèmes stellaires.

Nous savons que les étoiles sont distribuées en groupes formant des systèmes semblables à celui auquel nous appartenons. Les lois de l'attraction produisent et régissent le mouvement de ces astres lointains, aussi bien que la circulation des planètes autour du soleil. Les systèmes les plus simples constituent les étoiles doubles ou triples; ce sont autant de soleils ayant leurs cortéges de planètes qui décrivent autour d'eux des orbites elliptiques. Ces planètes ne diffèrent des nôtres qu'en un seul point : elles sont encore incandescentes, et par conséquent lumineuses par elles-mêmes; elles nous éclairent par une lumière qui leur est propre, et non par une lumière empruntée venant se réfléchir à leur surface. C'est cette circonstance qui nous permet de les distinguer à une aussi grande distance, d'observer les positions qu'elles occupent successivement et de calculer les orbites qu'elles décrivent.

Ont-elles aussi des satellites obscurs? Il est naturel de le supposer, même à priori. Les irrégularités observées dans le mouvement propre de Sirius ont fait soupçonner pendant longtemps l'existence d'un astre semblable circulant autour de cette magnifique étoile; dernièrement on a découvert ce satellite, mais on a trouvé qu'il est lumineux par lui-même, et que son éclat égale au moins celui d'une étoile de sixième grandeur. Ce qui a retardé sa découverte et ce qui le rend très-difficile à apercevoir, c'est l'éclat de l'étoile principale, dont les rayons masquent ordinairement le peu de lumière qu'il nous envoie.

Une autre étoile, Algol (β de Persée), nous prouve directement l'existence des satellites obscurs, par les variations régulières qu'elle subit, et qui ne peuvent être que des occultations produites par un corps opaque passant devant l'astre radieux. La période de ces variations est de 2 jours 20 heures 48 minutes 58 secondes. Pendant 2 jours et 13 heures, son éclat est constant et la fait ranger parmi les étoiles de deuxième grandeur; puis elle commence à pâlir, et, au bout de trois heures et demie, elle se trouve réduite au-dessous de la quatrième grandeur; elle demeure dans cet état pendant cinq ou six minutes au plus, et elle met à recouvrer entièrement son éclat un intervalle égal au précédent, trois heures et demie. Ces variations sont des phénomènes en tout semblables à nos éclipses; on le supposait depuis longtemps, mais les dernières découvertes spectroscopiques l'ont pleinement démontré; car les variations de cette étoile ne peuvent pas, comme celles de beaucoup d'autres, être attribuées à des changements survenus dans le pouvoir absorbant de son atmosphère.

Il ne suffit pas que deux étoiles paraissent très-voisines pour constituer ce qu'on désigne plus spécialement sous le nom d'étoile double; il faut de plus qu'elles soient réellement assez voisines pour s'influencer l'une l'autre, et former un système à part. Jusqu'à présent il n'y a que quinze de ces systèmes qui soient assez bien connus pour qu'on ait pu déterminer complétement leurs révolutions et calculer les éléments de leurs orbites; mais il y en a un bien plus grand nombre dont on peut avec certitude affirmer la connexion physique. Ainsi, de 1321 étoiles doubles observées par Struve et revues à l'observatoire du Collége romain, on en a trouvé

un tiers ayant un mouvement relatif certain et très-remarquable. Le nombre des systèmes binaires ou ternaires ira en croissant avec le temps, le seul élément qui manque actuellement aux astronomes, et dont ils ne peuvent pas disposer à leur gré. Il n'y a guère qu'un demi-siècle qu'on a commencé à faire sur ce sujet de bonnes observations, et déjà on a vu plusieurs de ces soleils accomplir une révolution tout entière (ζ d'Hercule, trente-six ans; — η de la Couronne boréale, quarante-trois ans; — ζ du Cancer, cinquante-neuf ans; — ξ de la grande Ourse, soixante-trois ans).

Le nombre des étoiles doubles est déjà à peu près égal au nombre des étoiles visibles à l'œil nu, et il augmente sans cesse.

Outre ces systèmes plus simples, il y a de grands amas globulaires, nommés *clusters* en anglais, composés d'une multitude littéralement innombrable de petites étoiles dont la densité croît près du centre d'une manière prodigieuse, sans que cependant ces astres cessent d'être distincts, comme on peut s'en convaincre par les observations faites avec le spectroscope. Si l'on commence par les Pléiades, le groupe du Cancer et celui de Persée, que les plus faibles lunettes sont capables de résoudre, on peut, en passant par une gradation progressive, arriver à des systèmes qui exigent les plus puissants instruments. Encore, pour ces derniers, le bord seul de la masse est décomposé en une myriade de petits points étincelants, le centre restant indécomposable.

Nous trouvons des systèmes plus compliqués dans les nuages de Magellan, dans le groupe de la Chevelure de Bérénice et dans ces taches plus blanches que les autres qui font ressortir la voie lactée. Mais, indépendamment de ces points plus remarquables, la voie lactée forme dans son ensemble la principale partie du ciel, et peut-être que pour nous elle constitue à elle seule l'univers étoilé. Cet amas qui nous environne et dont notre soleil fait partie n'est probablement, malgré son immensité, que l'un des groupes innombrables qui constituent la création !

Il est impossible de connaître d'une manière exacte la structure de cet amas et le mode de groupement des étoiles qui le composent. Mais, dans les questions de ce genre, il faut renoncer à obtenir des chiffres précis, des preuves rigoureuses pour chaque cas particulier; il faut se contenter des valeurs dites moyennes et s'en tenir à des résultats probables. Encore est-il quelquefois difficile d'en arriver là. En effet, pour connaître la structure de la voie lactée, il faudrait pouvoir déterminer la distance relative de chacun de ses points, et sa profondeur dans les différentes directions. Or, il est absolument impossible de résoudre ces questions directement et avec précision, puisque nous n'avons aucun moyen de déterminer la distance absolue des étoiles. Si l'on en excepte deux ou trois, elles n'ont pas de parallaxe annuelle appréciable. Nous sommes donc réduits à employer des moyens indirects, qui présentent toujours une incertitude plus ou moins grande; aussi les résultats, même les plus probables, sont-ils souvent contredits par l'observation des cas particuliers. Cependant, lorsque la masse des éléments est très-considérable, les résultats méritent assez de confiance pour qu'on puisse les substituer à ceux que donneraient directement les observations auxquelles on ne peut pas avoir recours.

Les calculs que nous avons à faire doivent être dirigés de la même manière que dans certains problèmes de statistique, où l'on arrive à des lois générales et certaines pour les masses, sans qu'on puisse rien prévoir de ce qui concerne les cas particuliers. Ainsi, quoiqu'il soit impossible de désigner d'avance l'individu qui commettra tel ou tel crime, il est cependant indubitable que dans la masse sociale il y aura un certain nombre de crimes semblables commis dans le courant de chaque année. De même, dans la question qui nous occupe, bien que nous puissions nous tromper en attribuant à une étoile prise en particulier telle ou telle distance trouvée par des méthodes détournées, il n'en est pas moins vrai que cette distance est la moyenne générale; ce qui suffit pour résoudre le problème. La seule précaution à prendre dans ces circonstances, pour éviter les erreurs, c'est d'employer un très-grand nombre d'éléments, afin que dans la masse les exceptions puissent se contrebalancer et disparaître. Ces précautions, nous pourrons le constater, ont été prises par les astronomes qui se sont occupés de cette question délicate.

II. — Moyens indirects pour calculer la distance des étoiles. Photométrie.

On peut employer deux méthodes pour déterminer la distance relative des étoiles : on peut d'abord mesurer l'intensité de leurs lumières, ce qui constitue la *méthode photométrique;* on peut en second lieu étudier le rapport qui existe entre leurs *mouvements propres.* Ces deux moyens étant indépendants l'un de l'autre et fondés sur des lois géométriques différentes, s'il arrive qu'ils conduisent à des résultats semblables, nous trouverons dans cette concordance une raison très-grave de croire à l'exactitude des conclusions.

Parlons d'abord de la méthode photométrique.

L'estime des distances par la photométrie repose sur ces principes, dont la vérité ne saurait être contestée : 1° Les étoiles ne peuvent être placées toutes à la même distance de nous. 2° Les plus éloignées doivent par cela seul nous paraître plus petites. Ces principes nous conduiraient même à l'appréciation directe et certaine de leurs distances relatives, si nous pouvions affirmer de plus que toutes les étoiles ont une lumière intrinsèque égale. Mais cette troisième assertion n'est ni prouvée ni probable.

Nous devons donc traiter le problème par les méthodes empruntées au calcul des probabilités. Les résultats auxquels nous parviendrons seront vrais pour l'immense majorité des étoiles, quoiqu'ils puissent se trouver en défaut pour quelques-unes d'entre elles; car, dans la moyenne, les exceptions se détruiront l'une l'autre. Supposons, par exemple, que deux étoiles paraissent être de la même grandeur, tandis qu'elles sont réellement inégales : on attribuera à la plus brillante une distance trop petite, et une distance trop grande à celle qui a moins d'éclat; il y aura donc compensation.

Avant d'aborder la question en elle-même, les astronomes ont dû résoudre un problème préliminaire : *Étant donnée une étoile d'une grandeur determinée, de combien devra-t-on augmenter sa distance pour que son éclat diminue d'une unité dans l'ordre des grandeurs?*

La classification des étoiles que l'on trouve dans tous les catalogues est complétement arbitraire et de pure convention; aussi n'en peut-on rien déduire tant qu'on n'aura pas mesuré le pouvoir lumineux des étoiles de chaque ordre, tant qu'on n'aura pas déterminé la loi physique contenue dans cette classification arbitraire, et exprimé numériquement

l'intensité relative de la lumière qui caractérise chaque grandeur.

Plusieurs astronomes ont exécuté ces mesures en employant différentes méthodes photométriques. Le moyen généralement employé consiste à regarder simultanément deux étoiles, en diminuant par un artifice susceptible de mesure l'éclat de la plus brillante, jusqu'à ce que toutes les deux paraissent avoir le même pouvoir éclairant. Par exemple, on peut employer une lunette ayant pour un seul oculaire deux objectifs parfaitement semblables ; on regarde à la fois deux étoiles, et l'on réduit progressivement l'ouverture de l'objectif qui est dirigé vers la plus lumineuse, jusqu'au moment où elle devient égale à la plus faible. On trouvera dans les ouvrages spéciaux la description des autres moyens également ingénieux que les astronomes ont imaginés et mis en pratique ; contentons-nous d'indiquer les résultats auxquels ils sont parvenus.

1° Pour les étoiles les plus brillantes, l'intensité lumineuse est plus que doublée lorsqu'on passe d'un ordre de grandeur à celui qui précède immédiatement ; mais, pour les plus faibles, le rapport entre les intensités se rapproche beaucoup du nombre 2. Ainsi, en laissant de côté certaines étoiles plus brillantes, Sirius, Vega, etc., qu'on a exclues comme ayant un éclat trop exceptionnel, de la 1re grandeur à la 2e, le rapport est 3,75 ; de la 2e à la 3e, 2,25 ; de la 3e à la 4e, 2,20.

2° Pour les étoiles télescopiques, la proportion suit à peu près la même loi, quoiqu'il y ait discontinuité pour le passage de la 6e à la 7e grandeur, c'est-à-dire à la limite des étoiles visibles à l'œil nu. Voici les rapports trouvés par différents astronomes : Johnson, 2,43 ; — Pogson, 2,42 ; — Struve, 2,24 ; — Steinbeil, 2,83.

3° En prenant la moyenne de tous les résultats obtenus, nous trouvons comme moyenne générale le rapport 2,42.

En supposant ce chiffre suffisamment exact, il est facile de calculer la distance à laquelle il faudra placer successivement une étoile de 1re grandeur moyenne pour qu'elle se confonde avec les étoiles de 2e grandeur, de 3e grandeur, etc. Voici le résultat de ce calcul :

GRANDEURS.	DISTANCES.	GRANDEURS.	DISTANCES.
1.	1,00	9.	34,80
2.	1,55	10.	53,36
3.	2,42	11.	83,00
4.	3,76	12.	129,12
5.	5,86	13.	200,90
6.	9,11	14.	312,50
7.	14,17	15.	486,10
8.	22,01	16.	735,20

D'après ce tableau, on voit que les étoiles de 6e grandeur, les dernières que nous puissions apercevoir à l'œil nu, sont 9 fois plus éloignées que celles de 1re grandeur ; celles de 13e grandeur le sont 200 fois plus. Il serait facile de prolonger ce tableau ; mais en pratique, pour n'en pas faire un simple exercice de calcul, il faut savoir quelles sont les plus petites étoiles qu'on puisse apercevoir avec un instrument d'une puissance donnée. On pourra alors se faire une idée de la *profondeur* à laquelle nos instruments nous permettent de *pénétrer* dans l'espace.

Cette recherche a été faite par Struve et Pogson. Nous l'avons faite nous-même pour notre équatorial de 9 pouces d'ouverture, instrument d'une grande perfection et d'une rare pureté, construit par M. Merz, de Munich. Des travaux de Pogson résultent les limites suivantes pour le pouvoir pénétrant de différentes lunettes :

DIAMÈTRE DE L'OBJECTIF.	GRANDEUR LIMITE DES ÉTOILES VISIBLES.
25^mm^	8,1
51	9,9
102	11,3
203	12,0
254	13,4

Ces résultats, vrais pour le climat de l'Angleterre, sont trop faibles pour le beau ciel d'Italie. Nous nous sommes assuré qu'avec une lunette de 65^mm^, on peut voir les étoiles de 11e grandeur ; avec notre grand réfracteur, on distingue facilement, dans les nuits ordinaires, celles de 15e grandeur, et celles de 16e dans les nuits les plus claires. Le pouvoir pénétrant de notre instrument est donc représenté par 486, en prenant pour unité la distance moyenne des étoiles de 1re grandeur considérées dans les nuits ordinaires. En comparant nos études aux observations que faisait Herschel dans les plus belles nuits, nous avons trouvé que le pouvoir pénétrant de notre réfracteur est à très-peu près égal à celui du réflecteur de 18 pouces anglais dont il s'est servi pour sonder le ciel, et qui, permettant de voir les étoiles de 16e grandeur, pénétrait jusqu'à une distance représentée par 756 unités.

Essayons de nous faire une idée de ces distances. En supposant une étoile assez éloignée pour que sa lumière mette dix ans à nous arriver, sa parallaxe serait représentée par un arc d'un tiers de seconde, quantité très-faible, mais certainement exagérée. Si nous prenons cette distance pour unité, la lumière des plus petites étoiles visibles dans le télescope d'Herschel emploierait 7560 ans pour franchir la distance qui les sépare de nous. Encore l'unité adoptée est-elle certainement trop faible ; nous pourrions hardiment en adopter une trois fois plus considérable.

Deux instruments étant placés dans des circonstances identiques, leurs pouvoirs pénétrants sont proportionnels aux diamètres de leurs ouvertures. Il suit de là qu'avec une lunette de 50 centimètres, ou avec un réflecteur de 6 pieds comme celui de lord Rosse, on pénétrerait à une distance représentée par 2090 unités !

III. — Distances conclues des mouvements propres.

Les étoiles, quoiqu'on les appelle communément fixes, ne sont pas absolument immobiles. Plusieurs d'entre elles ont des mouvements propres, toujours très-petits à nos yeux, mais très-sensibles pour les astronomes. Ainsi, par exemple, l'étoile 61 du Cygne parcourt à peu près 5 secondes par an, et la 41e de l'Éridan en parcourt 4. Les étoiles les plus brillantes ont des mouvements propres que les astronomes ont évalués avec un très-grand soin, et ces observations ont fait connaître que, *en général*, les étoiles plus grandes ont des mouvements plus étendus. Or, comme un mouvement quelconque paraît d'autant plus sensible qu'il s'agit d'un corps plus éloigné, on a tiré de cette considération un moyen qui permet d'apprécier la distance relative des étoiles. La loi qu'on en déduira ne peut être vraie que comme loi moyenne, et par conséquent son autorité ne saurait être ébranlée par quelques cas particuliers où elle se trouverait en défaut. Ainsi, les deux étoiles dont nous venons de parler ne sont, malgré l'amplitude de leurs mouvements, que des étoiles de grandeur médiocre ; mais

ces anomalies disparaissent dans l'ensemble et n'empêchent pas les résultats généraux d'avoir une grande valeur.

Struve a discuté cette question avec une étonnante profondeur. Nous allons faire connaître les résultats auxquels il est parvenu.

1° Les étoiles les plus brillantes ont en moyenne des mouvements propres plus considérables. 2° A grandeurs égales, les étoiles doubles ont généralement des mouvements plus prononcés. La cause physique de cette singularité n'est pas difficile à reconnaître : elle réside dans l'impulsion excentrique plus considérable que leur masse a reçue et qui l'a forcée à se diviser en plusieurs parties. 3° En ordonnant les mouvements propres des étoiles d'après leurs grandeurs, on trouve le tableau suivant pour une période de cent ans.

	ÉTOILES SIMPLES.		ÉTOILES DOUBLES.	
GRANDEUR.	ASC. DROITE.	DÉCLINAISON.	ASC. DROITE.	DÉCLINAISON.
	"	"	"	"
1.	34,2	29,0	55,5	47,0
2.	18,2	16,1	30,0	26,1
3.	12,2	10,5	20,1	17,0
4.	8,7	7,4	14,4	12,0
5.	6,3	5,3	10,2	8,6
6.	3,7	3,1	6,0	5,1
7.	2,2	1,8	3,5	3,0
8.	1,4	1,2	2,3	2,0
9.	1,0	0,9	1,7	1,5

En prenant pour unité le mouvement propre des étoiles de 9e grandeur, et en calculant les distances relatives d'après les mouvements moyens en ascension droite et en déclinaison, on obtient le tableau suivant, dans lequel nous avons répété les résultats déduits des mesures photométriques, afin d'en faciliter la comparaison :

	DISTANCES CONCLUES :		
GRANDEUR des étoiles.	1° des mouvements propres des étoiles simples.	doubles.	2° des mesures photométriques.
1.	1,0	1,0	1,0
2.	1,3	1,4	1,5
3.	2,1	2,0	2,4
4.	3,6	3,2	3,7
5.	6,1	5,9	5,8
6.	8,5	8,2	9,1
7.	12,0	11,6	14,2
8.	17,9	17,8	22,0
9.	33,3	31,8	34,3

De ce tableau il résulte que la progression est extrêmement semblable, et l'on ne devait pas attendre un accord plus complet entre des éléments si disparates. Les différences sont tellement petites, qu'elles ne font jamais empiéter un ordre de grandeur sur le suivant, ce qui, en semblable matière, doit paraître surprenant. Il y a un peu d'incertitude pour les mouvements propres des étoiles de 9e grandeur; cela explique la différence notablement plus grande qu'on trouve dans les résultats. En résumé, et comme conclusion, nous pourrons nous servir de l'une ou de l'autre de ces séries pour évaluer les distances relatives des étoiles, sans craindre de commettre une erreur considérable.

Ces principes étant solidement établis, nous allons nous en servir pour étudier la structure de l'amas stellaire dans lequel est plongé notre soleil, et qui, pour nous, constitue le ciel visible.

IV. — Distribution apparente des étoiles dans le ciel.

Il semble, au premier abord, que les grandes étoiles soient distribuées sur la voûte céleste au hasard et sans aucune loi. Cependant un examen attentif montre assez facilement qu'elles occupent une zone traversée en son milieu par un grand cercle ayant l'un de ses pôles auprès de l'étoile Fomalhaut du Poisson austral. On peut s'en convaincre en disposant un globe céleste de manière que cette étoile corresponde au zénith ; l'horizon alors passera par les Hyades, par la ceinture d'Orion, entre Sirius et Canopus ; il divisera en deux la Croix du Sud, passera près des luisantes du Centaure et par le corps du Scorpion. En montant dans l'hémisphère boréal, au-dessus de l'écliptique, ce cercle passera entre les luisantes du Serpentaire, traversera la constellation de la Lyre en touchant presque Véga ; puis, après avoir passé par Cassiopée et tout près de α de Persée, il laissera la Chèvre à une petite distance. Il traverse la constellation d'Hercule tout près du point vers lequel notre soleil est transporté avec son cortége de planètes.

Ce grand cercle coupe l'équateur à 4 heures 45 minutes l'écliptique, dans la constellation du Taureau près d'Aldébaran, et dans le Scorpion près d'Antarès. Son inclinaison est de 70°.

Cette zone contient presque toutes les étoiles des quatre premières grandeurs. Elle ne coïncide pas avec la voie lactée, mais elle suit pendant quelque temps la bifurcation, c'est-à-dire cette branche divergente qui se dirige vers le Scorpion. Elle contient aussi un grand nombre des amas stellaires plus beaux et plus riches auxquels on a donné le nom d'amas globulaires (*clusters*). On croit que le soleil lui-même appartient à cette catégorie d'étoiles plus voisines de nous.

La solution du grand problème qui nous occupe dépend surtout de la distribution des petites étoiles. La science possède sur cette question les vastes travaux des deux Herschel, qui ont entrepris une œuvre gigantesque, je dirai presque surhumaine : l'énumération des étoiles du ciel. Il est absolument impossible qu'un homme exécute à lui seul une semblable énumération ; elle lui demanderait près d'un siècle de travail soutenu. Pour arriver au résultat, les deux Herschel ont substitué à l'énumération continue le procédé des sondes (*star gauges*) distribuées sur le ciel d'après une loi uniforme. Ces opérations consistaient à compter les étoiles visibles dans le champ d'un réflecteur ayant un diamètre de 15′ (un quart de degré). Quoiqu'ils n'aient ainsi examiné que 1/120e de la surface entière du ciel, ce travail est à bon droit considéré comme un des plus vastes qui aient été accomplis dans l'astronomie moderne.

Le nombre d'étoiles compris dans chaque sonde est très-variable, et ces variations sont très-irrégulières ; on peut cependant y reconnaître une loi incontestable de continuité. Dans quelques parties du ciel, près du pôle de la voie lactée, on compte à peine 3 ou 4 étoiles, tandis qu'en d'autres endroits leur nombre s'élève jusqu'à 588. Dans l'espace d'un quart d'heure, Herschel, ayant dirigé son réflecteur vers la voie lactée, en a vu passer sous ses yeux un nombre qu'il évalue à 116 000.

En discutant ces observations, on est arrivé à quelques conclusions générales que nous allons exposer brièvement :

1° Les étoiles sont d'autant plus nombreuses qu'on s'approche davantage de la voie lactée. Le maximum a lieu dans le plan de cette nébuleuse, le minimum à ses pôles.

2° Dans la voie lactée elle-même, l'accumulation est plus grande pour les points voisins de l'Aigle (18 heures d'ascension droite) que dans le voisinage du Taureau (6 heures). D'un

côté, le maximum est 557; de l'autre, 204. La moyenne générale, pour une sonde, est 122.

3° Cette densité décroît très-rapidement. A 2° de la voie lactée, elle est encore très-considérable; à 15°, elle est réduite à 56 étoiles; à 30°, elle est de 17; à 45°, elle est de 10; à 60° et 75°, on ne trouve plus que 6 et 4 étoiles. En moyenne, les nombres observés dans la voie lactée et à ses pôles sont dans le rapport de 30 à 1.

4° En calculant d'après ces sondes le nombre des étoiles visibles dans le télescope d'Herschel, on trouve le nombre 20 374 034.

Un travail semblable exécuté dans l'hémisphère sud a conduit à des résultats analogues; de sorte que la conclusion peut s'étendre à toute la voûte céleste. La discussion des autres travaux dans lesquels on a examiné un grand nombre d'étoiles, comme les zones de Lalande, de Bessel, de Bond, etc., a conduit à des conclusions semblables qui se résument dans cette loi : 1° Les étoiles sont plus condensées près de la voie lactée; 2° les petites y sont proportionnellement plus nombreuses. Cette conclusion ressort spécialement des travaux de sir John Herschel, qui, non content de faire un dénombrement général, a tenu compte, dans ses observations, des différents ordres de grandeur.

Les nombres exprimant les densités ont été reliés ensemble par une méthode d'interpolation, et l'on a pu obtenir ainsi les résultats que nous allons exposer.

V. — Distribution réelle des étoiles dans l'espace.

Lorsque nous voulons, de la disposition apparente, conclure à la répartition réelle des étoiles dans l'espace, nous quittons le domaine de l'observation, et nous entrons forcément dans celui des hypothèses. Or, il se présente deux manières d'expliquer les résultats observés : 1° On peut supposer que, si l'on voit plus d'étoiles dans une direction que dans une autre, cela tient uniquement à leur condensation, la profondeur de la couche demeurant la même dans tous les sens. 2° On peut, au contraire, admettre que la couche est plus profonde dans une direction que dans l'autre.

Dans le premier cas, le nombre relatif des étoiles de différentes grandeurs devra demeurer constant; dans le second, les étoiles plus petites domineront dans la direction de la plus grande profondeur; car, outre celles qui sont moins brillantes en elles-mêmes, il y en aura beaucoup de grandes que leur éloignement fera ranger dans les dernières grandeurs. Il n'est cependant pas impossible que ces deux hypothèses se réalisent simultanément, c'est-à-dire que la couche stellaire ait, dans une même direction, plus de profondeur et en même temps une densité réellement plus considérable. C'est même ce qui paraît avoir lieu dans la nature.

Nous avons déjà vu dès le commencement qu'il y a dans le ciel des amas isolés formant des systèmes indépendants. Pour expliquer la structure de quelques-uns d'entre eux, en admettant l'hypothèse d'une distribution uniforme, il faudrait supposer que ce sont des cylindres dont la base est dirigée vers nous, ce qui est très-invraisemblable.

De plus on a constaté que les petites étoiles sont d'autant plus nombreuses que l'on considère des points plus voisins de la voie lactée, ce qui n'est pas compatible avec une répartition uniforme dans l'espace. Il nous reste donc à opter entre deux modes de distributions probables pour expliquer les phénomènes connus : 1° Les étoiles formeraient une couche de densité uniforme, mais seulement plus prolongée dans les directions où elles sont plus nombreuses. 2° Cette couche, en même temps qu'elle serait plus profonde, serait aussi plus dense dans le plan de la voie lactée et dans ses environs.

Pour reconnaître laquelle de ces deux hypothèses est la véritable, on emploiera deux méthodes pour calculer le rayon de la sphère dans laquelle doivent être renfermées les étoiles de chaque grandeur. La première méthode supposera la distribution uniforme, la seconde supposera au contraire que la densité est variable. Puis on comparera ces distances avec celles qu'on a conclues des deux méthodes précédentes, la photométrie et les mouvements propres; on choisira alors l'hypothèse dont les résultats s'accordent mieux avec les nombres déjà trouvés. Voici le tableau où se trouvent résumés ces calculs :

	DISTANCES CONCLUES :			
GRANDEURS des étoiles.	de la distribution uniforme.	en supposant la densité variable.	de la photométrie.	des mouvements propres.
1.	1,00	1,00	1,00	1,0
2.	1,46	1,80	1,55	1,3
3.	2,13	2,76	2,42	2,1
4.	2,91	3,90	3,76	3,6
5.	3,98	5,45	5,86	6,1
6.	5,46	9,28	9,11	8,5
7.	8,58	15,78	14,17	12,0
8.	13,44	22,86	22,04	17,9
9.	20,38	34,40	34,30	33,3
14 (Herschel).	98,00	180,40	312,00	

Nous voyons que, pour les plus grandes étoiles, les résultats donnés par l'hypothèse de la distribution uniforme ne sont pas déraisonnables; mais, à partir de la 4e grandeur, les divergences deviennent très-grandes, et plus loin elles sont énormes. La conclusion que nous devons légitimement tirer de cette remarque, c'est que la couche stellaire non-seulement semble avoir, mais possède en réalité une densité plus considérable dans la voie lactée que dans le reste du ciel.

Le dernier chiffre, relatif aux étoiles qu'Herschel range dans la 14e grandeur, semble montrer que la densité en quelques points devient extrêmement grande, qu'elle approche même de ce que nous voyons dans certains amas globulaires. Mais il ne faudrait pas s'imaginer que cette densité va en croissant d'une manière régulière. Les chiffres qui servent de base à nos calculs ne sont que des résultats moyens; si cela suffit pour nous donner une idée générale de la distribution des étoiles, il peut cependant y avoir dans les détails des divergences extrêmement grandes. Ainsi, il paraît probable que, dans ce grand banc qui constitue la galaxie, les étoiles sont réunies en grands systèmes; de là proviendraient ces taches blanches qui résistent à l'action de nos lunettes sans subir aucune décomposition.

Notre soleil n'est pas placé au milieu de la couche qui constitue la voie lactée; sa position est même très-excentrique. D'abord, la voie lactée ne traçant pas un grand cercle sur la sphère céleste, il en résulte que nous nous trouvons à une distance d'environ 4° du plan moyen qui la contient. Outre cela, la projection du soleil sur ce plan moyen est loin d'occuper le milieu de la voie lactée; de là vient que dans le Sagittaire et dans l'Aigle la densité est beaucoup plus considérable qu'à l'autre extrémité du diamètre. Du côté du Sagit-

taire, la voie lactée reste absolument insondable, le fond du ciel est formé par une véritable poussière stellaire, et dans le champ des plus puissants instruments cette poussière reste projetée sur un fond blanc. Ce fond blanc n'est sans doute que de la matière nébulaire ; mais en admettant cette hypothèse, comme cette matière doit avoir un certain pouvoir absorbant, elle doit à coup sûr arrêter un bon nombre de rayons lumineux et nous empêcher de voir les étoiles les plus éloignées.

Il faut conclure de toutes ces considérations que la profondeur de la couche stellaire est réellement insondable, et que nous n'en pourrons jamais connaître les bornes. Il est probable que la réunion des grandes étoiles qui environnent notre soleil n'est qu'un des grands amas qui forment la voie lactée, et que, vu d'une certaine distance, il nous apparaîtrait comme une tache plus blanche dans la voie lactée elle-même.

En arrivant à cette limite, nous sentons notre imagination confondue. En vain chercherions-nous à accumuler comparaison sur comparaison pour donner une idée de cette immensité : ce serait vouloir renfermer l'Océan dans une coque de noix. Nous pouvons entasser les chiffres, multiplier les zéros, et, pour abréger, exprimer ces distances par des nombres affectés d'exposants ; l'imagination n'en est pas moins perdue, et l'abîme reste impénétrable. Tout ce qu'il nous est possible de faire, c'est de rapetisser pour ainsi dire le monde afin de le mettre à notre portée, en le comparant à l'un de ces corps solides dont le volume fini peut être saisi par notre imagination bornée, bien qu'il soit composé d'un nombre incalculable de molécules trop petites et trop multipliées pour que nous puissions les distinguer les unes des autres.

VI. — Nature de la matière qui compose les étoiles.

Il y a quelques années, le titre de ce paragraphe eût été à lui seul une absurdité ; aujourd'hui la question qu'il soulève est une de celles auxquelles on peut donner une solution, je ne dis pas complète et définitive, mais plus satisfaisante que celles qui sont relatives à la distance des étoiles et à leur distribution dans l'espace.

Dans notre conférence sur le soleil, nous avons déjà exposé quelques-uns des principes qui doivent servir à cette étude. L'analyse de la lumière par le prisme peut nous faire connaître les substances qui se trouvent dans ces astres lointains. Nous ne répéterons pas ici ce que nous avons dit alors ; nous développerons seulement quelques particularités que nous avons à peine signalées, faute d'espace et de temps.

L'analyse spectrale peut nous faire connaître la composition d'un corps de deux manières : d'abord par les rayons qu'il émet directement ; en second lieu par l'absorption qu'il produit sur les ondes lumineuses. C'est par le premier de ces deux procédés que nous analysons la lumière provenant des nébuleuses dont la matière est à l'état gazeux, et que dans un petit nombre d'étoiles nous voyons les raies lumineuses directes de certaines substances incandescentes, par exemple celles de l'hydrogène dans γ de Cassiopée et β de la Lyre. Une difficulté s'est présentée tout d'abord. Les nébuleuses ne nous donnent au spectroscope que l'une des raies de l'hydrogène. Pouvons-nous avec certitude conclure de cette raie unique que l'hydrogène existe réellement dans les nébuleuses, lorsque la chimie nous apprend qu'il y a trois raies au moins qui caractérisent ce gaz ?

Cette difficulté valait la peine d'être résolue : aussi j'ai reconnu avec plaisir qu'elle n'est pas sérieuse. C'est simplement une question d'intensité, ou plutôt de pouvoir éclairant. En affaiblissant graduellement la lumière de l'hydrogène électrisé, nous avons vu toutes ces raies disparaître successivement, excepté celle que nous observons dans les nébuleuses. Une raie unique peut donc être, dans ces cas, un indice suffisant de la présence d'un corps. — L'azote et une autre substance inconnue paraissent produire la partie des rayons qui nous arrivent. Mais qui oserait dire qu'à une aussi grande distance nous pouvons tout apercevoir ?

Voici encore un autre fait important qui résulte de cette analyse. Pour développer dans les gaz ces raies si nettes et si tranchées, il ne suffit pas d'une combustion quelconque accompagnée d'un faible dégagement de chaleur. Il faut au contraire une température très-élevée, comme celle qui est produite par l'étincelle électrique. Nous pouvons en conclure que les fluides qui constituent les nébuleuses sont dans un état de vive incandescence, à une température au moins aussi élevée que celles auxquelles nous pouvons parvenir. Le fond de l'espace, qui se présente habituellement à notre esprit comme le siége d'un silence glacial analogue à celui de la mort, est donc au contraire dans un état d'activité prodigieuse que notre imagination a de la peine à se représenter. Ainsi se préparent des soleils qui, un jour, lorsqu'ils seront suffisamment condensés et refroidis, dirigeront et éclaireront un certain nombre de planètes. Les nébuleuses planétaires semblent être des astres déjà très-avancés dans cette voie de formation. Nous connaissons un astre mixte, ayant pour coordonnées 19 heures 40 minutes d'ascension droite, et 50° 6″ de déclinaison boréale ; c'est une étoile entourée d'une atmosphère nébuleuse, présentant à la fois les deux spectres, et qui semble indiquer une phase intermédiaire des formations sidérales. Ainsi se trouve vérifiée l'admirable théorie d'Herschel ; ainsi se trouve démontré ce travail incessant qui a pour effet de développer l'univers.

Cette activité qui règne dans les profondeurs de l'espace nous est également démontrée par les conflagrations qui s'y manifestent de temps en temps. L'étoile temporaire qui, au mois de mai 1866, brilla pendant quelques jours dans la constellation de la Couronne, a renouvelé de nos jours les phénomènes qui se sont accomplis autrefois sur une plus vaste échelle. L'analyse spectrale a montré que l'hydrogène constituait la plus grande partie de la matière en combustion. Mais n'oublions pas que le phénomène contemplé par les astronomes n'est que la nouvelle tardive d'un événement passé peut-être depuis plusieurs siècles.

Quant aux étoiles principales, nous n'avons qu'à confirmer les résultats déjà annoncés dans notre conférence sur le soleil. Nous avons reconnu que ces astres peuvent se rapporter à trois types différents et assez tranchés. Le premier est celui des étoiles blanches, comme Sirius, Véga, Altaïr, etc. Ces étoiles ont un spectre presque uniforme, et parfaitement caractérisé par des raies noires très-tranchées ; ce sont celles de l'hydrogène. Leur atmosphère est donc principalement composée de ce gaz, qui renverse le spectre par son pouvoir absorbant. Le deuxième type, très-semblable à notre soleil, contient toutes les étoiles jaunes, comme la Chèvre, Pollux, Aldébaran, Arcturus. Le troisième type, celui des étoiles rouges et fortement colorées, présente un spectre profondément rayé, effet qui ne peut être produit que par des atmos-

phères très-absorbantes et composées d'un grand nombre de substances.

La distinction de ces types a été confirmée par l'examen que nous avons fait depuis lors d'un grand nombre d'étoiles. Seulement, dans ces recherches nouvelles, nous avons trouvé, surtout parmi les petites étoiles, beaucoup plus d'exemples se rapportant au dernier type que nous n'avions supposé. Une grande quantité de ces astres fortement colorés en rouge avaient échappé à nos premiers instruments à cause de leur petitesse ; ils appartiennent tous au dernier type. Quelques-uns ne rentrent encore dans aucune classification, car leur spectre se réduit à quelques bandes lumineuses complétement isolées; ils ont cependant une relation très-évidente avec le troisième type. Cette étude laborieuse n'est pas encore achevée, et nous ne pouvons donner plus de détails.

Il est pourtant une circonstance intéressante que nous ne devons pas omettre. Toutes ces étoiles rouges, dont les spectres sont si bizarres, sont en même temps des étoiles variables ayant une périodicité plus ou moins irrégulière. Aussi sommes-nous porté à croire que ces variations ne sont pas, comme celles d'Algol, des éclipses produites par un corps obscur, mais qu'elles résultent des changements que subit le pouvoir absorbant de leur atmosphère. Omicron de la Baleine présente ordinairement un spectre un peu confus, quoique se rapportant au troisième type. Au moment de son maximum, qui cette année n'a pas dépassé la 3[e] grandeur, elle nous a présenté un spectre magnifique, à raies parfaitement tranchées, et ne le cédant en beauté qu'à α d'Orion.

Il est impossible de prévoir où nous conduira l'étude de ces variations; mais l'importance de ces recherches mérite qu'on les observe plus attentivement que par le passé. Quelqu'un des grands instruments que la science possède maintenant pourrait, si on l'employait à cette étude, nous révéler des merveilles inépuisables. *Mihi voluisse sufficiat.*

Voilà sans doute des choses bien extraordinaires et singulièrement intéressantes, révélées par un petit instrument dont on ne soupçonnait pas même le pouvoir il y a quelques années. Malgré ses imperfections, il nous a initiés à tant de merveilles, que nous pouvons sans indiscrétion lui demander encore davantage. Un jour viendra où il pourra nous faire connaître les mouvements propres des étoiles. En combinant ses indications avec les observations des astronomes et les lois de l'optique, nous pourrons déterminer les orbites de ces astres qui mettent des milliers d'années à décrire leurs trajectoires. Déjà un essai bien imparfait nous permet d'assurer que, parmi les étoiles soumises à cette étude, il n'en est pas une seule qui ait un mouvement absolu de translation égal à cinq ou six fois celui de la terre. Mais ce résultat purement négatif ne nous enlève pas l'espoir de trouver, dans nos recherches ultérieures, des vitesses appréciables par ce moyen d'investigation.

Il nous est impossible d'entrer ici dans de plus amples explications, et peut-être quelques lecteurs trouveront-ils déjà que nous nous sommes arrêté à des détails trop techniques. Nous les prions de nous pardonner ces excursions parfois minutieuses; mais la nature du sujet ne nous permettait pas de rester dans le vague. Une conviction véritable ne peut naître que d'un examen suffisamment approfondi des détails les plus importants. C'est pour cela que nous avons préféré une exposition un peu trop scientifique, peut-être, à de stériles généralités qui ne peuvent pénétrer au fond d'un esprit sérieux.

Je m'arrête, et je laisse au lecteur une foule de considérations qu'il ne manquera pas de faire lui-même. Qu'on me permette seulement d'en indiquer une. L'homme, devant l'immensité de la Création, semble disparaître comme un atome dans l'infini... C'est une erreur! Son ESPRIT, par cela seul qu'il est capable de comprendre ces merveilles, est déjà plus grand et plus vaste que le sujet qu'il embrasse. Ce seul fait de son intelligence nous montre que sa nature est bien plus sublime que celle de la matière, et qu'il a une destinée bien plus noble que celle de rouler dans les espaces ou de briller par des vibrations lumineuses. De même que dans une foule nombreuse chaque individu conserve sa personnalité au milieu de cette multitude dans laquelle il est pour ainsi dire noyé, de même l'homme ne laisse pas d'être l'objet des soins de son Auteur, parce qu'il habite un globe perdu dans les espaces au milieu de plusieurs millions d'autres globes semblables. Aussi nul acte de providence extraordinaire envers le genre humain ne doit paraître impossible, même en présence de ces êtres innombrables qui peuplent peut-être l'espace, et qui servent sans doute plus fidèlement que nous Celui qui leur a donné l'existence.

A. SECCHI,
Directeur de l'observatoire du Collége romain.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

VI

De l'espèce en général.

Messieurs,

A la fin de notre précédente leçon, nous avons vu l'idée de la variabilité de l'espèce percer d'abord dans les définitions de quelques naturalistes, dont je vous ai fait remarquer les réserves; puis apparaître ouvertement dans les dernières que je vous ai citées, et, finalement, s'affirmer d'une manière aussi absolue que l'avait fait de son côté la doctrine de la fixité de l'espèce. Ces incertitudes s'expliquent sans peine.

Remontons aux législateurs de la science, à Linné et à Buffon. Tous les deux ont pris la question entière, c'est-à-dire qu'à côté des ressemblances plus ou moins grandes que présentent entre eux les individus de la même collection spécifique, ils ont tenu compte de la génération et de la filiation.

Après avoir fondé l'espèce sur ces deux notions fondamentales, ils l'ont considérée en présence de deux éléments modificateurs, le temps et l'espace. Linné et Buffon avaient l'esprit trop grand pour ne pas voir le problème que soulève l'intervention de ces deux agents, et ils se sont demandé l'un et l'autre : Sous leur double influence, l'espèce a-t-elle varié, l'espèce varie-t-elle ?

Leur réponse à cette double question est instructive; car, sur ce point, l'histoire des idées de Linné et de Buffon est

(1) Voyez ci-dessus, pages 366, 431 et 450, 9 mai, 6 et 13 juin 1868.

l'histoire même de la science, depuis leur époque jusqu'à nos jours.

Dès le début de sa carrière scientifique, et presque jusqu'à la fin, nous voyons Linné affirmer avec force l'invariabilité de l'espèce. La Bible est son point de départ. Tous les animaux actuels viennent de la création première : or, le semblable engendre le semblable, *simile semper parit sui simile;* la formation d'espèces nouvelles est donc impossible, *nulla species nova.*

Tel est Linné, aussi absolu que possible jusqu'en 1743. « Cependant, dit Geoffroy, dès 1759, on voit poindre dans ses ouvrages une doctrine bien différente qu'il formule en 1762, dans ses *Amœnitates.* » D'après cette nouvelle opinion, les espèces d'un même genre — et vous savez combien le genre a d'étendue aux yeux de Linné — auraient constitué, à l'origine, une seule espèce dont elles seraient dérivées par voie d'hybridation, c'est-à-dire par croisement d'espèces différentes. Mais cette intervention de l'hybridité suppose une déviation première. Linné devrait donc, pour être logique, admettre l'action du milieu, et cependant il ne l'indique pas nettement.

Ainsi, guidé d'abord par les idées dogmatiques, Linné admet la fixité, l'immutabilité ; puis, entraîné par un mélange de faits vrais et d'idées inexactes, il va presque à l'autre extrême, n'admettant plus qu'un nombre assez limité de types d'où descend la grande majorité des espèces. Exemple remarquable du danger qu'il y a, pour la foi comme pour la science, dans l'association des notions scientifiques et dogmatiques.

Buffon, à ses débuts, en 1749, est aussi absolu que Linné en faveur de la fixité de l'espèce. Il écrit en effet à cette date : « Les espèces dans les animaux sont toutes séparées par un intervalle que la nature ne peut franchir. » Et de nouveau, en 1756 : « Nous la verrons dictant ses lois simples, mais immuables, imprimant sur chaque espèce ses caractères inaltérables. » Mais bientôt ses idées changent radicalement. Il passe à la doctrine de la variabilité extrême, et va d'abord plus loin que Linné. En 1761, il écrit : « Des animaux de même origine peuvent être d'espèce différente. La nature est dans un mouvement de flux continuel ; c'est assez pour l'homme de la saisir dans l'instant de son siècle. » Nous voilà presque à la doctrine de Lamarck. Là est l'extrême de Buffon ; il est vrai qu'il est difficile d'aller plus loin.

En 1766, dans son *Traité de la génération des animaux*, il dit encore : « Après ce coup d'œil sur les altérations particulières de chaque espèce, il se présente une considération plus importante et dont la vue est bien plus étendue : c'est celle du changement des espèces mêmes ; c'est cette dégénération plus ancienne, et de tout temps immémoriale, qui paraît s'être faite dans chaque famille. » Remarquez que Buffon est déjà, jusqu'à un certain point, revenu sur ses pas pour rentrer dans les idées de Linné. En effet, les mots de genre dans l'un, et de famille dans l'autre, ont presque le même sens, et répondent à peu près à la famille naturelle des modernes. Mais il y a de grandes différences dans la manière dont ils comprennent les changements considérables qu'ils sont arrivés à admettre pour l'espèce. D'après Buffon : « Les trois causes de changement, d'altération et de dégénération, sont la température du climat, la qualité de la nourriture, et, pour les animaux domestiques, les maux de l'esclavage. » C'est donc l'*action du milieu* qui remplace pour lui l'*hybridité* invoquée par Linné.

Ainsi, nous voyons Buffon admettre tour à tour la fixité absolue, puis une variabilité indéfinie. Nous le voyons aussi se corriger bientôt, et nous lisons en 1765, au moment même de ses dernières exagérations : « L'empreinte de chaque espèce est un type dont les principaux traits sont gravés en caractères ineffaçables et permanents à jamais, mais toutes les touches accessoires varient. » Telle est en réalité la doctrine de Buffon, celle à laquelle il s'arrête, celle qui se trouve dans le résumé placé à la fin de son *Histoire naturelle* (1767) et dans les *Époques de la nature* (1778).

Vous le voyez, Buffon a successivement adopté les deux opinions extrêmes de la fixité et de la variabilité de l'espèce. Puis il a été conduit à admettre que l'espèce a quelque chose de fondamental, mais que « toutes les touches accessoires varient ». Après avoir touché à la croyance de la *transmutation* de l'espèce, il a été ramené à la doctrine de la variabilité limitée. On lui a reproché ses variations ; mais Is. Geoffroy a dit avec raison : « Buffon ne varie pas, il se corrige. » En effet, il explore les routes diverses, rebrousse chemin quand il voit son erreur, et persiste au contraire dès qu'il a trouvé la véritable voie.

La science a reflété et reflète encore les péripéties par lesquelles sont passées les opinions de Buffon et de Linné. Des savants éminents ont passé leur vie à professer l'une ou l'autre des doctrines extrêmes auxquelles les deux pères de l'histoire naturelle s'étaient successivement arrêtés ; d'autres se sont ralliés aux dernières croyances de Buffon, et nous verrons que là est la vérité.

Les opinions émises sur la question fondamentale de l'espèce se ramènent donc naturellement à trois écoles principales : l'école positive, l'école philosophique et l'école de la variabilité limitée. Cette dernière est toute moderne.

L'école positive part du principe de la fixité absolue de l'espèce ; elle a toujours compté de nombreux partisans. Le plus illustre de tous est Cuvier, qui, dans tous ses ouvrages, admit l'invariabilité de l'espèce, et devint de plus en plus absolu sur ce point en avançant dans ses études. Il est incontestable que ses recherches morphologiques et ses travaux paléontologiques ont favorisé cette tendance de ses idées. D'ailleurs Cuvier était logique. Par une étrange faiblesse, pénible à signaler dans une aussi grande intelligence, il croyait encore à l'évolution et à la préexistence des germes. C'est que Cuvier, le plus grand anatomiste qui ait existé, n'était pas suffisamment physiologiste. Voici du reste ses paroles mêmes que je tiens à citer, de peur de paraître exagérer, pour les réfuter plus aisément, les théories de ce grand homme. Je les emprunte à l'introduction de la 2e édition de son *Règne animal* : « Les méditations les plus profondes, comme les observations les plus délicates, n'aboutissent qu'au mystère de la préexistence des germes. » Il me paraît difficile d'être plus affirmatif. Certes, l'épigenèse n'est pas moins mystérieuse en elle-même ; mais du moins elle ne met pas la doctrine en opposition permanente avec le témoignage des sens et de l'observation ; elle ne conduit pas à des contradictions que je vous montrerai tout à l'heure.

Blainville, l'antagoniste ordinaire de Cuvier, est cependant, pour la question qui nous occupe, de la même école que lui. Je le cite à son tour : « La stabilité des espèces, dit-il, est une condition nécessaire à l'existence de la science ; leur variation et leur perturbation continuelles excluent tout principe et

toute prévision. » C'est là un mauvais argument. Si les espèces étaient aussi variables que certains naturalistes l'ont cru, et que d'autres le croient encore, la science n'en subsisterait pas moins ; elle serait autre, voilà tout ; et elle aurait précisément à rechercher les lois de ces variations et de ces perturbations. Blainville aussi était logique. Il partait du dogme catholique dans toute l'acception du mot ; il s'efforçait partout de rattacher la doctrine scientifique à la doctrine religieuse, et il avait cru trouver dans la Bible la preuve de la fixité absolue des espèces.

A Cuvier se rattachent surtout son frère Frédéric Cuvier et Duvernoy ; à Blainville, Constant Prevost et l'abbé Maupied. A quelques différences près, comme botaniste appartenant à la même école, je dois citer A. L. de Jussieu, Adrien de Jussieu et de Candolle père.

Ce n'est certes pas moi qui contesterai l'autorité de pareils noms. Mais j'ai une remarque importante à faire : c'est que l'école positive, qui pose ses conclusions d'une manière si absolue tant qu'il s'agit de principes généraux et de philosophie scientifique, se montre bien différente dans la pratique. Ainsi Frédéric Cuvier, qui va parfois plus loin que son frère lui-même, admet cependant que tous les chiens, avec leurs variations si nombreuses et si considérables, appartiennent à une seule et même espèce. Blainville est du même avis à l'égard du cochon. Ils reconnaissent donc, en fait, de très-grandes différences, presque des différences génériques, chez les individus de la même espèce. Il est vrai qu'ils se montrent intraitables sur un point que je vais maintenant aborder.

Depuis Linné et Buffon, la question de la variabilité des espèces avait grandi et s'était compliquée. En effet, à leur époque, elle ne pouvait porter que sur les espèces contemporaines, seules connues alors. Au temps de Cuvier, et toujours à un plus haut degré depuis cette époque, l'élément paléontologique est venu se mêler aux problèmes d'histoire naturelle. En présence des faunes si différentes qui caractérisent les diverses formations géologiques, on avait dû se demander d'où venaient ces espèces dont notre époque actuelle n'offrait plus de représentants, et qui paraissaient s'être succédé. A cette question trois réponses furent faites. Elles sont encore dans la science. Deux d'entre elles reposent sur la fixité, la troisième sur la variabilité de l'espèce.

Des deux premières, il en est une qui part du dogme religieux, c'est la théorie de la translation et de l'émigration des faunes. En voici les données principales : La Bible, après avoir raconté la création, explique comment toutes les espèces ont été réunies et conservées pendant le déluge, la dernière des grandes révolutions géologiques. D'après cela, les faunes différentes résultent de la translation et de l'émigration des espèces primitives, qui changeaient de patrie au fur et à mesure que des terres venaient à émerger ou à disparaître par suite des révolutions du globe. On comprend, par exemple, que les animaux terrestres qui, partis des régions voisines, s'étaient répandus sur une terre d'apparition nouvelle, aient paru en être originaires après la submersion de leur premier habitat. Dans cette hypothèse, les chefs de famille ont été créés et toutes les familles se sont développées en même temps. Leur enchaînement a d'abord marché parallèlement ; mais ensuite un certain nombre de souches se sont éteintes, et celles qui durent encore remontent à l'origine des choses et à des ancêtres semblables aux êtres vivant actuellement.

La seconde explication est celle qui fait intervenir des créations successives ; ce mot s'explique lui-même. Il suppose que lorsqu'un cataclysme avait amené la disparition de certaines espèces, d'autres, sans relation avec les précédentes, pouvaient apparaître à leur place. Cependant un plus ou moins grand nombre des animaux d'une période ont pu survivre aux révolutions géologiques suivantes et arriver ainsi jusqu'à nous. Enfin, même depuis la dernière de ces révolutions, des espèces nouvelles ont également pu naître.

La troisième réponse à la question que nous nous sommes posée, est bien différente des deux premières. Les modifications morphologiques des êtres préexistants, disent ceux qui adoptent cette manière de voir, donnent naissance à des séries d'êtres qui ne se ressemblent pas, bien que la filiation ait été ininterrompue. La chaîne des familles se continue toujours, mais de nouvelles espèces se forment sous l'influence des nouvelles conditions d'existence faites aux anciennes par les révolutions que le globe vient à subir. Les êtres que nous voyons vivre aujourd'hui remontent donc tous à l'origine des choses ; mais, le plus souvent, ne ressemblent pas à leurs ancêtres.

Cette dernière interprétation a été constamment repoussée par Cuvier et par Blainville. Avec eux, toute l'école positive s'est constamment refusée à admettre que des changements géologiques aient pu modifier les êtres vivants. Cette doctrine trouve son expression la plus nette dans l'ouvrage de M. Godron sur l'*Espèce* ; je le cite textuellement : « Les révolutions du globe n'ont pu altérer les types originairement créés ; les espèces ont conservé leur stabilité jusqu'à ce que des conditions nouvelles aient rendu leur existence impossible. Alors elles ont péri, mais elles ne se sont pas modifiées. » Vous reconnaissez là le langage de Linné et de Buffon dans la première période de leurs opinions, sauf, bien entendu, ce qui se rapporte aux phénomènes paléontologiques inconnus de leur temps.

La seconde école qui s'est prononcée sur la question de l'espèce s'est donnée à elle-même le nom d'école philosophique. Elle admet, au rebours de la précédente, la transformation et même la transmutation d'une espèce en espèces qui ne lui ressemblent en rien. A la rigueur, on pourrait être tenté de faire remonter à Bacon la conception de cette doctrine. Dans son ouvrage intitulé : *Sylva sylvarum* (1627), il donne des règles pour obtenir la transformation des végétaux, et dans son *Nova Atlantis*, il suppose la chose réalisée. Mais c'est là, dit Geoffroy, faire trop d'honneur à l'esprit scientifique de l'époque où vivait Bacon. En effet, à ce moment-là, on ne songeait pas encore à distinguer l'espèce de la race ; et il semble bien qu'il s'agisse, dans le *Nova Atlantis*, uniquement d'une création de races, c'est-à-dire d'un fait que nous réalisons tous les jours, bien au delà de ce que pouvait imaginer Bacon.

Peut-être serez-vous surpris de me voir citer, à propos de questions si graves, un auteur nommé de Maillet, plus connu par l'anagramme de son nom, Telliamed. Toutes les écoles l'ont également repoussé, et à son nom s'est attaché un souvenir de blâme et de ridicule ; mais on s'est montré beaucoup trop sévère. Je me suis déjà efforcé dans mon cours de réhabiliter sa mémoire ; et j'ai eu la satisfaction de me rencontrer sur ce point avec mon éminent confrère M. d'Archiac, le savant géologue paléontologiste.

De Maillet est l'auteur d'un ouvrage où l'on doit considérer deux parties bien distinctes. Dans la première, très-précise et

très-scientifique, il a su voir ce que niaient alors bien des savants et des philosophes, la formation marine des terrains. De plus, il a compris la réalité et l'importance des fossiles marins, au moment où Voltaire ne voulait y voir que les coquilles perdues par les pèlerins, et cela de peur de se trouver d'accord avec la tradition biblique du déluge. Toute cette partie mérite de sérieux éloges. Mais dans la seconde l'auteur a voulu expliquer les faits par une théorie cosmogonique toute de fantaisie. Le monde, selon lui, a commencé par être couvert d'eau, et les animaux aquatiques s'y sont développés en vertu de la préexistence des germes. Peu à peu les terres ont apparu, et les espèces terrestres et aériennes se sont formées par la transformation des espèces marines. Ainsi, les oiseaux dérivent des poissons-volants, les reptiles des poissons anguilliformes, et l'homme, enfin, d'êtres fabuleux, des sirènes et des moines marins. Ici, vous le comprenez, je ne prendrai certainement pas la défense de de Maillet. N'oublions pas toutefois que son livre a été écrit en 1748, alors que certains auteurs parlaient encore sérieusement de l'existence de ces monstres marins. Ajoutons que, pour de Maillet, les causes des modifications énormes qu'il suppose avoir eu lieu résident dans la nécessité et dans l'habitude qui agissent sous l'empire des conditions de milieu.

Lamarck est en réalité le chef de l'école philosophique ; à vrai dire, l'espèce n'existe pas pour lui. Je vous ai cité la définition qu'il en donne ; voici encore quelques lignes tout à fait en harmonie avec elle : « La nature n'offre que des individus qui se succèdent les uns aux autres par voie de génération, et qui proviennent les uns des autres. Les espèces parmi eux ne sont que relatives, et ne le sont que temporairement. » Cette doctrine a été très-vivement combattue par Cuvier. Lamarck, accusé d'être le disciple de Telliamed, s'en est défendu de toutes ses forces, et, à bien des égards, il avait beau jeu. En effet, de Maillet est moins un naturaliste qu'un homme du monde qui a bien vu certains faits. Lamarck, qu'on a appelé le Linné français, est au contraire un naturaliste éminent, bien autrement savant et positif. Il a justement apprécié et précisé certaines causes modificatrices très-importantes, et a su tenir compte de la double action du temps et de l'hérédité, dont de Maillet n'a rien dit. Les ressemblances entre les deux sont donc, au fond, plus apparentes que réelles.

Cependant l'un et l'autre font dériver les oiseaux des poissons volants, mais par des procédés de transformation entièrement différents. Tandis que de Maillet partait de la préexistence des germes, Lamarck a fait intervenir l'épigenèse la plus absolue et la génération spontanée. Celle-ci ne produit que des infusoires, des vers intestinaux et des conferves qui subissent ensuite des modifications lentes et progressives pour former successivement tous les êtres vivants. De plus, le premier invoque comme causes de variations l'action du milieu, la nécessité et l'habitude, alors que Lamarck ne reconnaît que cette dernière, et l'entend de la manière suivante : « L'habitude d'exercer un organe sous l'empire de certains besoins et dans un certain but, modifie cet organe et le transforme. Ainsi les tentacules d'un mollusque poussent parce que l'animal s'est efforcé pendant longtemps d'explorer les corps avec un point de sa tête ; la jambe de l'échassier a été courte, mais en piétinant dans la vase, l'oiseau a étiré ce membre qui s'est considérablement allongé ; le pied des palmipèdes a eu les doigts séparés, mais la nage a fini par développer la membrane qui les réunit. » Ainsi, d'après Lamarck, les animaux ne sont pas directement modifiés par les circonstances, mais celles-ci les excitent à se modifier eux-mêmes.

De Maillet admet que les individus eux-mêmes se transforment sous l'empire de la nécessité, comme la chenille lorsqu'elle se change en papillon. Chez Lamarck, au contraire, une longue suite de générations est nécessaire, et les transformations sont graduées de l'une à l'autre.

Cette théorie, prise d'une manière absolue, est, vous le voyez, inapplicable aux végétaux, chez qui on ne peut supposer une action de l'individu sur lui-même. Lamarck fait alors appel à la nutrition, à l'action des agents physiques, ainsi qu'à la prédominance constante ou accidentelle de certains phénomènes vitaux, dont la durée équivaut à l'action de l'habitude pour ces êtres sans volonté.

En résumé, il n'existe point d'espèces fondamentales et permanentes pour Lamarck. Il ne conçoit que des espèces dérivées dont pas une ne remonte à l'origine des choses, et leur transformation est pour ainsi dire incessante. Pourtant, malgré ses idées absolues, on rencontre chez lui la contradiction dont je vous ai parlé à propos de l'autre école ; mais cette contradiction agit ici en sens inverse pour ainsi dire. Lorsqu'il arrive à la pratique, et sous l'empire des faits, Lamarck tient aux espèces tout autant que ses adversaires. Il me suffit de vous dire, pour vous en donner une idée, qu'il a passé une partie de sa vie à décrire des espèces et à défendre ses déterminations.

Burdach, représentant éminent de doctrines erronées, associe également les croyances de la génération spontanée et de la variabilité de l'espèce. Mais il comprend la génération spontanée autrement que Lamarck, qui l'avait admise seulement pour des êtres en petit nombre, pour les infusoires, les intestinaux, et certains végétaux des plus inférieurs, tels que les conferves. Suivant Burdach, le globe enfantait dans sa jeunesse des reptiles gigantesques, des mastodontes et des palmiers ; aujourd'hui qu'il est vieux et caduc, il ne produit plus spontanément que des infusoires et des moisissures.

Bory Saint-Vincent doit être rapproché de Burdach plutôt que de Lamarck, dont il se croyait le disciple ; il admet la naissance incessante d'espèces qui commencent par être variables, pour se fixer et se caractériser peu à peu. A l'appui de cette idée, il oppose la flore de l'île Mascareigne, de formation récente, à la flore des continents européen et asiatique ; il trouve dans l'ancienneté de ceux-ci la cause de la fixité des espèces végétales que l'on y observe, tandis qu'il attribue à celles de l'île Mascareigne un état incertain et variable que rien ne confirme.

L'école philosophique compte enfin, parmi ses plus illustres partisans, l'éminent zoologiste Darwin. Je reviendrai plus tard sur sa doctrine ; je me borne à vous dire aujourd'hui que ses idées rappellent souvent celles de Lamarck. Darwin ramène tout l'empire organique à un très-petit nombre de types, et mieux à un prototype unique d'où descendraient mousses et chênes, infusoires et éléphants, à la suite de transformations successives subies sous l'influence du temps, de l'habitude et de l'hérédité. Cependant Darwin, à côté de ces causes invoquées déjà par Lamarck, en place deux autres fort remarquables dont la détermination lui appartient, *la lutte pour la vie* (*the struggle for life*) et la sélection naturelle.

J'arrive enfin à la troisième école, celle de la variabilité limitée. A côté des hommes dont je viens de résumer les opi-

nions, Linné et Buffon courent grand risque de paraître timides; à plus forte raison, Et. Geoffroy Saint-Hilaire.

On a beaucoup exagéré la portée des idées de ce dernier sur la mutabilité de l'espèce, et cela par une suite naturelle des passions du moment. Cuvier et Geoffroy étaient les deux grands champions d'un débat retentissant, et la lutte des chefs entraînait la mêlée passionnée des disciples. Il en résulta que, de part et d'autre, on fut injuste, et que des deux côtés on tomba dans le faux. A propos de Geoffroy, on jugea bon de rappeler non-seulement de Maillet, mais Robinet, un rêveur guidé uniquement par des idées abstraites et qui n'était nullement naturaliste. On le compara aussi à Lamarck ; mais, même pour ce dernier, le rapprochement est fort inexact à certains égards. Sans doute, Geoffroy s'est montré grand admirateur de Lamarck, il lui a même rendu plus que justice ; mais il n'est pas pour cela de son école. Il admet en effet, comme causes modificatrices de l'espèce, des phénomènes tératologiques et embryogéniques; il admet aussi l'action du milieu ambiant; mais il ne parle ni de générations pontanée, ni d'habitude et d'action propre de l'animal sur lui-même, idées qui sont le fond de la doctrine de Lamarck. Aussi Isidore Geoffroy a-t-il pu dire que si, dans l'ordre chronologique, son père succédait à Lamarck, il succédait à Buffon dans l'ordre philosophique.

Si Geoffroy s'était rapporté seulement aux espèces vivantes, le monde savant n'eût pas assisté aux luttes solennelles et ardentes qui semblaient à Gœthe bien supérieures aux événements politiques; tout au plus en aurait-on souri. En effet, Geoffroy n'a jamais soutenu la variabilité de l'espèce dans *l'ordre actuel de* la nature ; on lui a bien reproché les mots de *créations incessamment remaniées*, on a même cité la page, je déclare les y avoir cherchés en vain. Au contraire, il a constamment protesté contre la transmutation des espèces actuelles.

Mais il parlait tout autrement des espèces paléontologiques, *et ce fut* là le terrain de la lutte. A la suite d'études approfondies sur les crocodiliens fossiles de Normandie, Geoffroy se demanda si les crocodiliens actuels, avec qui il leur trouvait des points de ressemblance, ne seraient pas leurs descendants directs. Il conclut affirmativement; puis, animé par la controverse, il généralisa de plus en plus, et alla presque aussi loin que Lamarck. Il admit que les oiseaux dérivaient des reptiles par suite d'un phénomène tératologique survenu pendant leur développement. Il croyait bien à la fixité des espèces pendant une période géologique donnée; mais il croyait aussi à la formation de faunes nouvelles par modification et dérivation, comme résultat des changements subis par le globe. Encore, disait-il, dans ses moments de calme, « ce sont là des questions douteuses ».

Cuvier avait admis et soutenu la doctrine contraire; il l'avait appuyée de ses immortels travaux. Attaqué sur un terrain qu'il regardait comme sien, il se défendit vigoureusement. Ainsi s'éleva une guerre dans laquelle Geoffroy devait être battu par Cuvier, qui lui était supérieur et pour le savoir et pour l'exposition. Cependant le public savant se partagea; il y eut des exagérations des deux côtés, surtout de la part des disciples, mais Geoffroy garda ses partisans.

Nous ne pouvons encore porter notre jugement sur ces graves questions. Il faut, auparavant, que nous ayons parcouru le cercle des études que nous venons de commencer.

Pour le moment, je veux seulement constater qu'en fait, les partisans de la fixité absolue admettent cependant une certaine variabilité; et qu'en revanche les défenseurs de la variabilité accordent, dans une certaine mesure, quelque fixité à l'espèce. J'en conclus que ces deux notions doivent être ou exprimées, ou tout au moins réservées dans une bonne définition de l'espèce.

Vous connaissez maintenant l'ensemble des idées et des faits généraux sur lesquels doit reposer cette définition. Vous connaissez aussi les principales qui ont été données. Sachant apprécier les difficultés d'une pareille tentative, il vous est possible de juger jusqu'à quel point chacun a su les vaincre. Ces difficultés, vous l'avez compris, sont très-réelles, vu le nombre et la complexité des idées que doit renfermer la définition de l'espèce. Or, dans les matières difficiles, le dernier venu croit toujours pouvoir faire mieux que ses devanciers. Voilà pourquoi je vous demande la permission d'ajouter aussi ma définition à toutes celles que je vous ai rapportées.

Pour moi : « L'espèce est l'ensemble des individus plus ou moins semblables entre eux qui sont descendus ou qui peuvent être considérés comme descendus d'une paire primitive unique par une succession ininterrompue de familles. »

Si je ne m'abuse, j'ai exprimé ou réservé dans cette phrase toutes les idées que nous avons vu conduire à la notion si complexe de l'espèce; notions de l'individu, de la ressemblance, de la filiation, de la famille et de la variabilité limitée. J'ai fait, à propos de la ressemblance, une restriction qui laisse le champ libre à des variations plus ou moins considérables. Vous remarquerez aussi une allusion importante aux faits de généagenèse contenue dans l'idée de filiation par *familles*.

J'appelle aussi votre attention sur les mots suivants : « ... qui sont descendus ou qui *peuvent être considérés comme descendus* », ai-je soin de dire en parlant des individus composant l'espèce. Je réserve ainsi une question controversée, et que nous examinerons avec détail. En effet, nous nous appuyons sur des faits partiels qui se produisent de nos jours; ce n'est donc qu'une présomption et non une certitude que nous pouvons en tirer pour la connaissance de ce qui s'est passé à l'origine des choses. Mais, dès à présent, nous pouvons dire que l'esprit comprend aisément une paire primitive engendrant une succession de familles; il comprend aussi que des variations surviennent par suite de diverses circonstances, et nous verrons qu'il en est ainsi. Pour le moment, je me borne à vous citer l'exemple du cafier, qui s'est répandu dans toute l'Amérique après qu'un pied apporté du Muséum y a été transplanté par de Clieux. Tous les cafés américains sont les descendants de ce pied unique; et cependant tout épicier ou tout amateur distingue parfaitement leurs diverses provenances.

Ma définition est donc pratique en ce que, reposant sur quelque chose de réel et de vérifiable, comme nous le démontrerons, elle emporte avec elle son critérium. Sans doute, l'application de ce critérium sera parfois difficile ; mais nous aurons au moins l'avantage d'avoir ramené le problème dans le domaine de la science expérimentale.

VII

Faits invoqués par les partisans de l'invariabilité de l'espèce.

Après avoir signalé les faits complexes sur lesquels repose l'idée d'espèce, je vous ai indiqué les diverses opinions

qui se sont formées à ce sujet ; je vous ai aussi énuméré les principales définitions qu'ont données de l'espèce les autorités les plus imposantes de la science ; puis je vous ai fait connaître la mienne, et vous avez vu qu'elle me rattache entièrement à l'école de la variabilité limitée. Nous devons maintenant entrer dans le détail des phénomènes et des faits pour voir où est la vérité.

Messieurs, quand des hommes contemporains, disposant des mêmes éléments de discussion, hésitent entre deux doctrines, et que ces contemporains s'appellent Buffon et Linné ; quand ces deux savants illustres, et, plus tard, des hommes tels que Cuvier et Geoffroy, ne peuvent se mettre d'accord; quand, enfin, des naturalistes éminents tels que Lamarck et Blainville se laissent aller, chacun dans un sens opposé, aux exagérations que j'ai signalées, c'est que la question est sérieusement difficile, singulièrement obscure, et il n'y a que l'ignorance et la passion qui puissent se montrer absolument sévères à l'égard des conséquences extrêmes auxquelles arrivent les partisans des deux opinions. Dans les luttes qui se sont livrées sur la fixité ou la variabilité de l'espèce, on s'est traité réciproquement de fous ou d'esprits étroits. Ces appréciations sont essentiellement fausses. Les hommes les plus extrêmes dans un sens comme dans l'autre peuvent seulement être accusés d'avoir exagéré un côté de la question au profit de leurs opinions trop exclusives.

En effet, dès qu'il entre dans le détail des faits, l'observateur se trouve en présence de deux ordres de phénomènes paraissant s'exclure les uns les autres : phénomènes de variabilité d'un côté, de constance de l'autre. Bien plus, dans l'examen des causes, nous verrons les principales d'entre elles, l'action du milieu et de l'hérédité, agir tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; nous les verrons tour à tour, suivant les circonstances, confirmer et stabiliser les types, ou bien les ébranler et les modifier.

Comme c'est l'étude de la variabilité de l'espèce et de ses limites qui nous occupera le plus longtemps, parlons d'abord des faits qui ont été invoqués en faveur de l'invariabilité. Ils sont nombreux, aussi bien dans le règne animal que dans le règne végétal. Commençons par ce dernier. C'est surtout à M. Godron, l'un des champions principaux de l'immutabilité de l'espèce, que j'emprunterai les arguments tirés de l'étude des plantes en faveur de cette opinion.

Nous possédons encore les herbiers de Burser et de Bauhin, formés au XVI[e] siècle ; l'herbier de Tournefort, qui date du XVII[e]. Or, en comparant les plantes qu'ils renferment aux espèces actuelles, on trouve, à travers cette période de deux à trois siècles, une identité complète.

Mais l'observation de certains faits nous permet de remonter bien plus loin. Dans les forêts abattues, on voit, à chaque coupe, reparaître les mêmes essences, sans que l'on puisse observer la moindre modification du type. Si l'essence ancienne vient à être remplacée par une nouvelle, celle-ci se développe avec les mêmes caractères qu'elle présente dans d'autres forêts qu'elle formait depuis des siècles. Lorsque dans une forêt vierge on pratique une clairière, il arrive que des plantes nouvelles, appartenant à des espèces extrêmement éloignées, apparaissent pour la première fois dans la localité. Elles proviennent de ce que des graines jusque-là dépourvues de lumière se sont mises à germer sous l'influence du soleil et du jour. On est d'abord tenté de croire que leur présence sur le sol de la forêt vierge résulte d'un phénomène de dissémination ; mais le fait a été constaté pour des graines dont la nature repousse l'idée d'un pareil transport, et qui appartiennent à des espèces qui restent cantonnées. On est donc forcé d'admettre que l'âge de la forêt doit indiquer la date de leur enfouissement, et l'on trouve ainsi que des graines qui, pendant plusieurs siècles, ont attendu pour germer de se trouver dans des conditions de développement favorables, produisent des plantes absolument semblables aux types actuels.

Toutefois les indications qui résultent de faits analogues restent assez indéterminées et ne nous permettent pas de remonter à des dates fixes. Certains mouvements de terrain fournissent des exemples plus frappants et plus concluants. A Rouen, en 1530, le cardinal d'Amboise dessèche un marais pour en faire un jardin. En 1606, on le remblaye pour y établir un couvent de jésuites. En 1844, on défonce le terrain d'une des cours de l'ancien couvent ; on ramène au jour les couches ensevelies, et sur ces terres remuées on voit apparaître plusieurs végétaux étrangers à la localité, parmi lesquels l'*Epilobium palustre*, qui venait de l'ancien marais. Cette plante et toutes les autres étaient identiques avec l'espèce actuelle, malgré une différence de trois cent quatorze ans dans l'âge des graines.

Mais les anciens tombeaux permettent de remonter bien plus haut. En 1834, à la Monzie, dans la Dordogne, on découvrit des tombes anciennes renfermant des squelettes dont les têtes reposaient sur des amas de graines. MM. Audierne et Brard recueillirent et semèrent ces graines. M. Brard, surtout, apporta le plus grand soin à l'expérience qu'il méditait. Il fit bouillir pendant deux heures la terre où il comptait les semer, afin de tuer les graines de même espèce qui auraient pu s'y trouver ; le vase fut nettoyé avec le même soin et recouvert, après l'ensemencement, d'une gaze assez fine pour arrêter au passage toute semence de la grosseur de celles qu'il avait recueillies. Il obtint ainsi, dans des conditions parfaites de sûreté, deux espèces communes, l'*Heliotropium europæum* (herbe aux verrues) et le *Medicago lupulina* (lupuline), qui se trouvèrent exactement semblables aux espèces actuelles que tout le monde connaît. Cependant les graines qui venaient de leur donner naissance sortaient de tombes gallo-romaines datant du III[e] ou du IV[e] siècle. On peut donc dire que, pour ces deux végétaux, le type n'a pas varié dans l'espace de quatorze cents ans.

Un an après, en 1835, et toujours dans la Dordogne, on découvrit, à Saint-Lazare, d'autres tombes renfermant des vases dont la nature assignait pour date à ces sépultures une époque antérieure à la conquête romaine. Dans ces vases se trouvaient aussi des graines, qui furent recueillies et semées par M. Brard avec les précautions dont je vous ai parlé. M. Brard obtint cinquante pieds de Mercuriale, le *Mercurialis annua*, de la famille des Euphorbiacées, fort employée autrefois en pharmacie pour la composition d'un laxatif appelé miel mercurial ; et il put constater que pendant deux mille ans l'espèce n'avait pas varié.

Vingt siècles d'immobilité pour une espèce végétale sont déjà quelque chose ; mais nous pouvons, dans le même sens, remonter à des faits plus anciens et plus remarquables encore.

Les hypogées d'Égypte ont permis de recueillir les fruits d'un nombre considérable de plantes. Voici le tableau, dressé par M. Godron, des principaux végétaux trouvés dans ces

hypogées et reconnus identiques avec ceux qui vivent encore aujourd'hui dans la même contrée :

Blé	*Cucifera thebaïca*, Del.
Orge	*Physalis somnifera*, L.
Ricin commun	*Mimusops elengi*, L.
Sycomore	*Balanites ægyptiaca*, Del.
Noix muscade	*Vitis vinifera*, L.
Oignons	*Punica granatum*, L.
Olivier	*Mimosa farnesiana*, L.
Cyperus esculentus, L.	*Juniperus phœnicea*, L.
Phœnix dactylifera, L.	

Toutes ces plantes ont été étudiées par Kunth comparativement avec les espèces actuelles, et l'habile botaniste n'a pas hésité à proclamer l'identité des formes végétales appartenant à des époques si éloignées l'une de l'autre.

Le blé d'Égypte actuel est remarquable par ses épis carrés et ses longues barbes ; c'est avec les mêmes caractères qu'on le retrouve sculpté sur les monuments les plus anciens. Aussi Delille, qui, dans la commission scientifique de l'expédition d'Égypte, était chargé des observations botaniques, a-t-il immédiatement reconnu cette identité. Les grains que l'on a retrouvés dans les hypogées viennent encore la confirmer. On a beaucoup parlé d'un blé dit des Pharaons ou des momies, qui descendrait des grains trouvés dans les caisses de momies des hypogées. Mais ici l'identité même de ce blé avec le blé actuel prête au doute, d'autant que l'authenticité des expériences n'est pas bien établie. De Candolle ne regarde comme certain qu'un seul fait de reproduction rapporté par Steinberg. Au Muséum on a plusieurs fois semé le blé des hypogées ; mais aucune de ces tentatives n'a réussi.

L'identité complète des céréales égyptiennes avec les céréales actuelles du même pays a trouvé sa consécration dans un fait assez piquant, relaté dans une lettre de Robert Brown à Dureau de la Malle (*Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. IX). Heninken avait rapporté des pains trouvés dans les tombeaux de la haute Égypte. Robert Brown, à qui il en envoya, y trouva des *glumes* d'orge entières, et l'examen minutieux auquel il se livra l'amena à découvrir à l'extrémité inférieure de ces glumes un appendice rudimentaire qui n'avait point été décrit dans l'orge actuelle. Il crut donc tout d'abord avoir constaté une différence, lorsqu'une observation approfondie lui fit découvrir dans l'orge que nous cultivons ce petit organe, qui avait jusqu'alors échappé aux botanistes.

Quant à l'âge auquel il faut rapporter le dépôt de ces graines dans les hypogées, il a été possible de le déterminer, grâce aux travaux des Champollion, des Lepsius, des Bunsen, grâce à ceux de MM. Mariette et de Rougé, plus récents encore, et qui me permettent de compléter aujourd'hui les indications que je donnai dans cette enceinte la première fois que j'eus à exposer ces faits. Les plantes dont je vous ai donné la liste ont été trouvées dans les plus anciens tombeaux. Or, Champollion assignait déjà pour date à ceux de la IVe dynastie trois mille cinq cents ans avant notre ère, et depuis Champollion on fait remonter ceux de la Ve dynastie à quatre mille ans avant J. C. On a donc des plantes ou graines datant de près de six mille ans, chez lesquelles il a été impossible de trouver des caractères de quelque ordre que ce soit qui ne se retrouvent pas dans les espèces du XIXe siècle.

La flore actuelle prête à une contre-épreuve intéressante. Le chêne est un arbre qui croît très-lentement, surtout à partir de quarante ans. Souvent, à cent ans, il n'a pas plus d'un mètre de tour, tellement les couches annuelles sont minces. Or, Ray cite un chêne ayant 30 pieds, soit 10 mètres de circonférence, ce qui supposerait mille ans d'existence.

L'olivier a aussi une croissance très-lente, puisque des arbres de quatre-vingts ans n'ont, d'après Loiseleur Deslongchamps, que neuf pouces (0m,29) de diamètre. Or, près d'Hyères, à Sainte-Eulalie, propriété des comtes de Beauregard, j'ai vu plusieurs oliviers qui, mesurés approximativement par moi à l'étranglement qui sépare la partie inférieure du tronc de la partie supérieure, ont environ 7 mètres de circonférence. La tradition affirme que ces arbres ont été plantés par les colons phocéens. Je ne garantis pas cette date, mais on voit que, pour être aussi énormes, ils doivent remonter à une époque certainement fort éloignée.

Parmi les arbres de nos pays, l'if est un de ceux qui croissent le plus lentement. Sur un tronc de 1m,50 de circonférence on a compté jusqu'à 280 couches. Cependant Loiseleur Deslongchamps dit qu'à Foullebec, dans l'Eure, il en existait un en 1822 qui mesurait 6m,80. Celui de Fortingall, en Écosse, a près de 16 mètres de tour. Deslongchamps juge que le premier pouvait avoir de 1100 à 1200 ans, et le second plus de 3000 ans.

Adanson a recherché l'âge des baobabs, ces géants des forêts tropicales. Jugeant par comparaison, il a trouvé qu'un de ces arbres mesurant 22 mètres de tour devait avoir 5000 ans, et Golbery parle d'un baobab ayant 34 mètres de circonférence. Seulement le calcul de l'âge est moins certain quand il s'agit d'arbres des pays chauds, car chez eux les couches ne présentent pas la même régularité que dans nos contrées tempérées, deux couches se superposant parfois dans une même année.

Je dois citer enfin le *Sequoia gigantea* de Californie, qui atteint 100 mètres de hauteur et trente pieds de diamètre. On avait dit, et j'avais moi-même répété, que sur son tronc on avait compté jusqu'à 6000 couches. Mais M. A. de Candolle a apporté à l'Académie une bande calquée sur un tronc scié, et où l'on ne compte que 1800 empreintes de couches, ce qui assigne encore au *Sequoia* un âge respectable. Eh bien, cet arbre et tous ceux dont je vous ai montré que les botanistes avaient déterminé le grand âge, sont entièrement semblables aux jeunes plantes de leur espèce, quoique des milliers de générations les en séparent.

Vous aurez remarqué que tous les exemples que je vous ai cités sont pris dans la période géologique actuelle. Ils ne suffisent donc pas pour détruire la théorie par laquelle Geoffroy Saint-Hilaire rapportait les phénomènes de variation dans les espèces aux époques de révolutions géologiques. En général, l'observation ne peut porter sur une période antérieure à l'âge actuel. Cependant il se trouve qu'à propos du point qui nous occupe, nous pouvons citer des faits contemporains de l'époque quaternaire. En 1858-59, aux environs de Dôle, on eut à attaquer des bancs de diluvium. Sur la terre pulvérisée, on vit pousser en abondance le caille-lait, plante peu connue dans le pays. Le fait observé par M. Michelat fut attribué par M. Decaisne à la germination de graines enfouies depuis la formation du banc, c'est-à-dire à une époque certainement antérieure aux ères pharaoniques.

En résumé, le botaniste, partant des faits que je viens d'énumérer, peut dire avec certitude : Depuis six mille ans on n'a pu découvrir une espèce qui ait varié ; non-seulement toutes celles qu'on a comparées à elles-mêmes sont restées

constantes, mais il en est au moins une qui a résisté aux dernières révolutions du globe. On peut donc affirmer par analogie que l'espèce ne varie pas.

Les animaux nous présentent des faits semblables et parallèles. Nos anciennes collections des musées se composent d'espèces qui, deux et trois siècles après, n'offrent pas la moindre modification. On a trouvé à Herculanum, dans la demeure d'un peintre, une collection de coquilles identiques avec celles que l'on trouve encore aujourd'hui dans les environs. Or, la destruction d'Herculanum eut lieu l'an 79 de notre ère, c'est-à-dire il y a dix-huit siècles et demi.

Mais, sans nous arrêter davantage aux dates intermédiaires, interrogeons de nouveau les hypogées de l'Égypte. Ils nous offrent un double enseignement. D'abord par les figures d'animaux peints ou sculptés, puis par les animaux conservés qu'ils renferment. Les représentations sont très-nombreuses et très-variées. Voici le tableau des principaux types observés et qui ont tous été reconnus semblables aux espèces actuelles :

Cercopithèque grivet	Vautour
Cercopithèque nisnas	Faucon
Cynocéphale hamadryas	Chouette
Lion	Vanneau
Girafe	Râle
Hippopotame	Ibis sacré
Lièvre d'Égypte	Oie d'Égypte
Algazel	Aspic
	Céraste

Voici ce que Cuvier dit à ce propos dans son *Discours sur les révolutions du globe:* « Toutes ces figures sont, pour l'ensemble, qui seul a pu être l'objet de l'attention des artistes, d'une ressemblance parfaite avec les espèces telles que nous les voyons aujourd'hui. »

Mais, dira-t-on, l'ensemble ne suffit pas, et dans une question aussi délicate il faut, comme Robert Brown, s'inquiéter des moindres détails. Heureusement que, grâce à la vénération des Égyptiens pour un grand nombre d'animaux, et grâce à leur habileté pour les embaumer, certains hypogées sont de vrais cabinets de zoologie, plus riches que bien des musées de petites villes. Les savants de l'expédition d'Égypte ont soigneusement exploré cette mine. Geoffroy passa des semaines entières dans les galeries obscures des hypogées; il y contracta même une ophthalmie dont il souffrit longtemps, et qui peut bien avoir été en partie cause de la cécité qui affligea ses dernières années. Comme fruit de ses recherches, il rapporta d'Égypte une belle collection qu'il soumit à l'Institut; et Lacépède, rapporteur de la commission chargée de l'examiner, résuma ainsi le résultat de ses propres études : « Il résulte de cette partie de la collection du citoyen Geoffroy, que ces animaux sont parfaitement semblables à ceux d'aujourd'hui. » Il se bornait du reste, dans son rapport, à résumer les opinions du voyageur qui rapportait les preuves convaincantes de ce fait, que pendant cinq et six mille ans aucune des espèces animales soumises à l'observation n'a varié.

Pour les animaux comme pour les plantes, nous pouvons, jusqu'à un certain point, remonter au delà de la période géologique actuelle, — au delà de l'apparition de l'homme, disais-je au début de ce cours; — mais, depuis mes premières leçons, les horizons se sont élargis au point qu'aujourd'hui nous n'en voyons plus les limites. Les terrains quaternaires ont été explorés avec une ardeur qui a produit déjà de grands résultats. Presque partout, dans les brèches osseuses et dans les cavernes surtout, on a trouvé des ossements fossiles. Le cata logue des espèces auxquelles ils se rapportent a été dressé pa M. Desnoyers dans son beau travail sur les cavernes. Cet ou vrage est sur le point d'être réimprimé; la nouvelle éditio renfermera donc un tableau plus complet. Je ne puis aujou d'hui vous apporter que l'ancien, auquel j'ai ajouté le Bœu musqué, découvert à l'état fossile en France par M. Lartet, e qui n'existe de nos jours que dans les contrées boréales d l'Amérique, où sa limite inférieure est environ par le 60ᵉ de gré de latitude. Dans son tableau, M. Desnoyers distingue le espèces disparues parce qu'elles se sont éteintes, les espèce émigrées et les espèces restées dans les mêmes localités :

PRINCIPAUX MAMMIFÈRES.

Détruits ou très modifiés.	Existants, mais dans des contrées éloignées.	Habitant les mêmes pays où on les trouve fossiles.
Hyène (*H. spelæa*)	Hyène du Cap	Chauve-souris (*plus. esp.*)
Ours (*U. spelæus*)	Aurochs	Musaraigne (*2 esp.*)
Chat (*F. cultridens*)	Renne	Hérisson
Id. (*F. spelæa*)	Élan	Loir
Éléphant (*E. primigenius*)	Cerf du Canada	Campagnol
Rhinocéros (plus. espèces)	Cerf de Virginie	Ours commun
Cheval (2 espèces)	Lagomys	Blaireau
Cerfs (plusieurs espèces)	Spermophile	Loup
	Loup	Renard
	Renard	Putois
	Castor	Belette
	Bœuf musqué	Martre
		Lapin
		Lièvre
		Cerf
		Daim
		Chevreuil
		Animaux domestiques.
		Chien
		Cheval
		Bœuf
		Cochon

Passons de la classe des Mammifères à des animaux infé rieurs que leur constitution physique doit rendre moins sen sibles aux actions du dehors, alors aussi que leur habitat sous marin les y expose moins, les Acéphales par exemple. Pren en outre une localité assez étendue, mais à la fois bien cir conscrite et parfaitement connue, n'ayant subi aucune de c perturbations violentes que l'on pourrait supposer avoir pour conséquence la perte de plusieurs espèces. Le bas de Paris remplit mieux que tout autre ces conditions. Il devenu le type du bassin tertiaire bien défini, grâce aux cherches de Cuvier, de Brongniart et de leurs successeur Depuis plus de quarante ans, M. Deshayes en a étudié les co quilles, et il est arrivé à des résultats dont M. d'Archiac signalé l'importance. J'ai formulé en tableau les observati de M. Deshayes. Vous y verrez d'abord quatre groupes mari principaux, ce sont autant de couches différentes; chacune partagée en étages. Environ 1000 espèces sont réparties entr les quatre groupes et les divers étages de ces groupes. Les une ce sont les plus nombreuses, restent cantonnées; les autre en très-petit nombre, ont émigré de leur groupe primitif groupe immédiatement supérieur. Parmi les premières, majorité reste même cantonnée dans l'étage où elles ont pri naissance, tandis qu'un plus petit nombre oscille dans l même groupe d'un étage à l'autre.

Mouvement des Mollusques acéphales du bassin tertiaire de Paris (Deshayes).

Groupes marins principaux.	Nombre des étages.	Nombre des espèces.	Espèces cantonnées dans leur groupe.	Espèces émigrées au gr. supérieur.
Sables supérieurs...	2	65	»	0 (?)
Sables moyens.....	3	241	»	0 (?)
Calcaire grossier...	3	412	316	96
Sables inférieurs....	5	325	284	34

Espèces à oscillations longues ou de groupe à groupe..........................	130
Espèces à oscillations courtes ou d'étage à étage..............................	296
Total..............	426
Espèces cantonnées dans l'étage où elles ont apparu..........................	615

En s'appuyant sur les faits précédents, le zoologiste partisan de l'invariabilité de l'espèce peut dire : Nous remontons à six mille ans, et nous voyons que certaines espèces n'ont pas varié *depuis*; donc, par analogie et en l'absence de toute observation contraire, les espèces animales sont restées les mêmes pendant ce laps de temps. De plus nous suivons les espèces supérieures au delà des dernières révolutions géologiques. Là nous les voyons se partager en deux groupes : les unes diffèrent des espèces actuelles, les autres leur sont identiques et sont restées dans la même localité, ou bien ont émigré dans d'autres contrées. Si celles du premier groupe ne figurent plus dans la faune actuelle, c'est qu'elles ont péri faute de *pouvoir se plier* aux nouvelles conditions qui leur étaient faites. *Nous allons* plus loin encore : dans les bassins tertiaires, chez des animaux que la simplicité de leur organisation doit rendre moins délicats, et que leur habitat aquatique abrite contre bien des influences, dans une série de terrains formés paisiblement, nous voyons la très-grande majorité des espèces apparaître et disparaître avec leur étage. Un tiers à peine oscille d'étage à étage, un peu plus du dixième seulement est passé d'un groupe au groupe supérieur ; aucune ne parcourt la série entière. Mais nulle part nous ne voyons les intermédiaires entre les espèces disparues et celles qui les ont remplacées. Donc celles-ci ne sont pas les descendantes des premières; donc une espèce peut périr, peut émigrer, mais elle ne se modifie pas.

Vous le voyez, les partisans de l'immobilité de l'espèce invoquent des faits graves, des arguments sérieux. A s'en tenir aux faits précédents et aux faits analogues, la définition si absolue de Blainville paraîtrait justifiée. Mais, je vous l'ai dit, les conclusions absolues ne sont que dans les discussions de principe; dans l'application, elles fléchissent forcément devant d'autres faits. Aussi, en fait, les disciples de Cuvier admettent-ils une certaine variabilité, comme Lamarck admet de son côté une certaine constance. Dans la pratique, tous se rapprochent ainsi plus ou moins de la variabilité limitée. Nous avons donc à voir en quoi consiste cette variabilité et quelles en sont les limites. Nous commencerons cette étude dans notre prochaine leçon.

ARM. ANGLIVIEL.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

M. MASIUS.

Centre d'innervation du sphincter de la vessie.

Des travaux importants ont été faits, dans ces dernières années, pour déterminer l'influence du système nerveux sur les mouvements de la vessie. Budge a cherché à démontrer que les pédoncules cérébraux fournissent des fibres motrices à la vessie, fibres qui parcourent le cordon antérieur de la moelle et les troisième et quatrième nerfs sacrés. Ce sont ces fibres qui transmettent à la vessie l'impulsion volontaire. Une deuxième source de fibres motrices, étrangères à l'acte de la volonté, se trouve dans la moelle lombaire. Giannuzzi et Budge ont établi, par des expériences faites sur des chiens, que deux points principaux de la moelle épinière président aux contractions de la vessie : l'un correspondant à la troisième vertèbre lombaire ; l'autre, à la cinquième vertèbre lombaire.

Les fibres qui partent de la moelle, en correspondance de la troisième vertèbre lombaire, passent par le cordon et les ganglions mésentériques du grand sympathique pour arriver au plexus hypogastrique. Les fibres qui prennent leur origine dans la cinquième vertèbre lombaire arrivent directement au plexus hypogastrique par les nerfs sacrés. C'est dans le plexus hypogastrique que sont contenus les nerfs sensibles de la vessie : ceux, par conséquent, qui transmettent à la moelle l'excitation réflexe ; ils gagnent le cordon rachidien par les rameaux anastomotiques de ce plexus avec le tronc sympathique lombaire, par les rameaux communicants qui relient ce dernier à la moelle, enfin par les racines postérieures lombaires. Voilà ce que l'on connaît de l'action du système nerveux sur la vessie.

Les auteurs, en s'occupant de l'innervation de la vessie, n'ont pas distingué le corps du sphincter. Quelle est la partie de la moelle épinière qui innerve le sphincter de la vessie (1)? Telle est la question que nous nous sommes proposé de résoudre par des expériences faites sur les lapins et sur les chiens. . . .

. . . .

Nous avons trouvé que la destruction de la moelle au-dessus du centre ano-spinal et dans le centre même amenait une distension de la vessie par l'urine. L'écoulement de l'urine n'avait lieu que lorsque la section de la moelle était pratiquée à quelque distance au-dessous du centre ano-spinal, vers la terminaison de la cinquième vertèbre lombaire. A l'autopsie, on trouvait néanmoins de l'urine dans la vessie en quantité plus ou moins considérable. Les résultats obtenus sur les chiens sont donc les mêmes que ceux que nous ont donnés nos recherches sur les lapins.

A quelle cause faut-il attribuer la rétention d'urine ou l'incontinence que nous avons constatée dans nos expériences ? La rétention doit-elle être rapportée à une paralysie du corps de la vessie ou à une exagération de contraction du sphincter ?

Pour répondre à cette question, nous avons mesuré la résistance du sphincter, par conséquent son énergie de contraction, suivant que la section du cordon rachidien était faite à différentes hauteurs en avant et en arrière du centre ano-spinal des chiens et des lapins. Nous nous sommes servi d'un appareil très-simple, composé d'un long tube de verre gradué qui communiquait, par

(1) Par sphincter de la vessie, nous entendons surtout les fibres circulaires lisses et striées de la partie supérieure de l'urèthre (parties prostatique et membraneuse). Il n'est pas inutile de dire que, pour Budge, le vrai sphincter vésical, qu'il appelle constricteur de l'urèthre, existe seulement dans la région uréthrale ; car ce physiologiste éminent refuse aux fibres musculaires transversales du col de la vessie la fonction d'opposer une barrière à la sortie de l'urine. Budge n'a point déterminé quelle est la partie de la moelle épinière qui préside aux contractions du constricteur de l'urèthre ; seulement il indique la paralysie du constricteur comme conséquence de la section des nerfs sacrés, et il place dans les pédoncules du cerveau l'organe central cérébral du constricteur de l'urèthre.

l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc, avec une canule munie d'un robinet. La canule était introduite dans l'un des uretères, l'autre ayant été préalablement lié. Il va de soi que la masse intestinale était maintenue dans la cavité abdominale pour empêcher qu'elle ne vînt peser sur la vessie, de même que le rectum était lié à sa partie supérieure, afin d'arrêter les matières fécales. Nous introduisions de l'eau, à la température du corps, dans un entonnoir placé sur le tube gradué. La pression qu'il fallait pour vaincre la résistance du sphincter était donnée par la hauteur de la colonne d'eau nécessaire pour obtenir un écoulement continu par le canal de l'urèthre. Ce qui prouvait que la colonne d'eau indiquait réellement la force de contraction du sphincter vésical, c'est que l'écoulement s'arrêtait quand nous fermions le robinet de la canule.

Nous allons donner, dans les tableaux suivants, les résultats que nous avons obtenus :

LAPIN MALE.

NIVEAU de la section de la moelle.	HAUTEUR de la colonne d'eau nécessaire pour vaincre la résistance du sphincter.
Partie supérieure de la région lombaire	25 à 26 centimètres.
Centre ano-spinal	23 à 24 —
Partie inferieure de la 7e vertèbre lombaire	14 —

Deux jours après la mort du lapin, il fallait 12 à 13 centimètres d'eau pour obtenir un écoulement continu.

LAPIN FEMELLE.

NIVEAU de la section de la moelle.	HAUTEUR de la colonne d'eau.
4e vertèbre lombaire	16 à 17 centimètres.
Centre ano-spinal	14 ½ —
Partie inférieure de la 7e vertèbre lombaire	5 à 6 —

Quelques jours après la mort, l'écoulement n'avait lieu que sous une pression de 5 centimètres à peu près.

CHIEN MALE.

NIVEAU de la section de la moelle.	HAUTEUR de la colonne d'eau.
2e et 3e vertèbres lombaires	65 centimètres.
3e et 4e vertèbres lombaires	65 —
5e et 6e vertèbres lombaires	20 —

Après la mort du chien, il faut toujours 20 centimètres de pression pour obtenir l'écoulement.

CHIEN FEMELLE.

NIVEAU de la section de la moelle.	HAUTEUR de la colonne d'eau.
Au-dessus du centre ano-spinal	11 à 12 centimètres.
Au-dessous du même centre, à l'union des 5e et 6e vertèbres lombaires	4 ½

Plusieurs jours après la mort, il faut une colonne d'eau de 4 centimètres et demi pour avoir un écoulement par le canal de l'urèthre.

Ces expériences, que nous avons faites plusieurs fois, nous ont toujours donné, avec des chiffres variables pourtant, une différence considérable dans la pression exigée pour vaincre la résistance du sphincter, suivant que la section du cordon rachidien était pratiquée au-dessus ou à quelque distance au-dessous du centre ano-spinal. La force de contraction du sphincter de la vessie n'était diminuée, d'une manière très-sensible, que lorsque la moelle était détruite, chez les lapins, à la correspondance de la partie inférieure de la septième vertèbre lombaire, et, chez les chiens, au niveau de la terminaison de la cinquième vertèbre lombaire. Le sphincter vésical était relâché par suite de la section pratiquée à quelque distance au-dessous du centre ano-spinal, puisqu'il fallait seulement, pour obtenir un écoulement d'eau continu, la même pression que celle qui était exigée plusieurs jours après la mort de l'animal.

Conclusions. — Si nous analysons nos expériences, nous croyons pouvoir conclure que :

1° Toute section de la moelle épinière faite au-dessus du centre ano-spinal a pour effet une exagération de contraction persistante du sphincter vésical.

2° Toute section pratiquée un peu plus bas amène un *relâchement* de ce muscle.

3° La tonicité et la motilité réflexe du sphincter sont sous la dépendance d'une même partie de la moelle, qui est placée, chez les lapins, à l'union des tiers moyen et inférieur de la septième vertèbre lombaire ; et, chez les chiens, en correspondance de la partie inférieure de la cinquième vertèbre lombaire.

4° Il faut admettre au-dessous du centre ano-spinal un autre centre (centre vésico-spinal), qui, quoique très-rapproché du premier, en est parfaitement distinct.

Avant de finir, nous croyons devoir relever l'analogie qui existe entre ces deux centres ano-spinal et vésico-spinal : le premier préside à la tonicité et à la contractilité réflexe du sphincter anal ; le dernier tient sous sa dépendance les contractions tonique et réflexe du sphincter de la vessie. Nous avons constaté qu'au centre anal arrivent des fibres empêchantes ; des fibres analogues viennent aboutir au centre vésico-spinal : car, quand on *coupe* les fibres qui établissent la communication de ce centre avec le système cérébral, la tonicité et la motilité réflexe du sphincter vésical sont augmentées.

MASIUS,
Professeur à l'Université de Liége.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ACADÉMIE DES SCIENCES : *élection de M. Phillips et de M. Kummer.* — L'Académie des sciences a procédé à deux élections, l'une d'un membre dans la section de mécanique pour le fauteuil de Foucault, l'autre d'un associé étranger en remplacement de Brewster. Pour le fauteuil de Foucault, la section de mécanique proposait : en première ligne, M. Phillips ; en deuxième ligne, M. Reech ; en troisième ligne, par ordre alphabétique, M. Bresse, M. Résal, M. Rolland et M. Tresca. Au premier tour de scrutin, M. Phillips a été nommé par 36 voix contre 20 données à M. Rolland, 2 à M. Tresca, et 1 à M. Reech. — Pour le fauteuil de M. Brewster, M. Graham, de Londres, était placé en première ligne par la commission. Au premier tour de scrutin, M. Graham a obtenu 23 voix, M. Kummer (de Berlin) 23, M. Bunsen 2, et M. Airy 1 ; au second tour de scrutin, M. Kummer a été nommé par 27 voix contre 23 données à M. Graham.

MORT DE M. MATTEUCCI. — M. Matteucci vient de mourir subitement d'une attaque d'apoplexie. M. Becquerel a annoncé cette mort à l'Académie, lundi dernier, au moment où l'on allait procéder à l'élection d'un associé étranger. M. Matteucci, qui avait déjà obtenu un assez grand nombre de voix à la dernière élection, en aurait sans doute obtenu un plus grand nombre encore à celle-ci. Il était déjà correspondant.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 32 — 11 JUILLET 1868

MUSÉUM ROYAL DE FLORENCE.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DES CORPS VIVANTS.

COURS DE M. CH. MATTEUCCI
(correspondant de l'Institut).

L'Électro-physiologie (1).

IV

SOMMAIRE. — Récapitulation de la leçon précédente sur la relation entre la direction du courant dans les nerfs et les phénomènes électro-physiologiques éveillés. — Action du courant sur les nerfs mixtes intacts et sur les animaux vivants. — Contraction éveillée par l'excitation électrique dans les nerfs mixtes, proportionnelle à l'intensité du courant. — Différence dans l'action du courant électrique sur les nerfs selon qu'il se propage ou parallèlement aux fibres nerveuses ou normalement à ces fibres. — Action de l'électricité sur les racines des nerfs dans la moelle épinière, sur les nerfs sensitifs, sur les parties principales des centres nerveux. — Action de l'électricité sur les muscles. — Action de l'électricité sur les nerfs du système ganglionnaire. — Effet des passages successifs et rapides de l'électricité dans les nerfs.

Nous avons longuement insisté, dans la dernière leçon, sur les nombreuses précautions qu'on devait prendre pour faire des expériences exactes d'électro-physiologie. Il n'y a certainement aucune partie de la science de l'électricité qui, depuis les premières découvertes de Galvani, ait été, plus que celle dont nous nous occupons, l'objet de recherches longues et variées : et pourtant, à cause des difficultés inhérentes à ces expériences, on doit avouer que les connaissances bien incontestables, les déductions rigoureuses, et enfin les lois de l'électro-physiologie, si je puis employer ce mot, c'est-à-dire ces propositions sur lesquelles il ne reste plus d'incertitude, sont encore très-peu nombreuses. Pour moi, qui ne veux ni ne puis vous faire ici l'histoire de tous ces travaux, je me suis efforcé et m'efforcerai toujours de me borner aux points sur lesquels il n'y a pas de doute et sur lesquels j'ai acquis par moi-même, par une longue série d'expériences répétées nouvellement encore, la conviction qu'ils sont démontrés et facilement démontrables par l'expérience.

Je vous ai cité, à la fin de la dernière leçon, les prétendues périodes des phénomènes électro-physiologiques dont se sont tant occupés Ritter et Lehot, puis Nobili et Marianini, et je vous ai fait voir qu'elles n'avaient pas l'importance qui leur avait été généralement attribuée. Ces auteurs avaient cru pouvoir établir, à l'aide de ces périodes, l'ordre dans lequel apparaissaient nécessairement les effets électro-physiologiques et spécialement la contraction musculaire, en excitant rapidement les nerfs par le courant électrique et en croyant ainsi suivre une relation existant entre ces effets et le degré d'irritabilité des nerfs, degré modifié, soit par le passage de l'électricité, soit par l'affaiblissement naturel que cause la mort de l'animal. Mais il est trop facile, après ce que nous avons dit, de comprendre combien ces périodes, ou les phénomènes électro-physiologiques que l'on comprend sous ce nom, sont complexes, et quelle incertitude et quelle irrégularité devaient entacher des résultats où l'on ne tenait compte ni des variations dans l'intensité du courant, ni du temps pendant lequel le circuit demeurait fermé, ni des changements dans l'irritabilité du nerf suivant l'intensité et la durée du courant. Voilà pourquoi les observateurs que j'ai cités ne sont pas arrivés à des résultats uniformes; et, en effet, il n'est pas possible d'en obtenir en opérant dans ces conditions.

Pour conclure, les faits bien établis dans cette partie de l'électro-physiologie, ceux qui sont dus à des expériences exactes et qu'on peut toujours réussir à démontrer sont les suivants :

1° Quand on opère avec un courant électrique très-intense et sur les nerfs encore doués d'une grande excitabilité, l'effet généralement obtenu est l'excitation du nerf et, par suite, la contraction des muscles, au moment où l'électricité commence à agir et où elle cesse d'agir, et cela indépendamment de la direction du courant dans le nerf mixte. Ces effets cessent pendant tout le temps que le circuit reste fermé. Si l'animal est vivant et son système nerveux intact, outre les contractions éveillées dans les muscles où les nerfs excités se ramifient, il se produit à ces mêmes moments, c'est-à-dire quand le courant commence et quand il cesse, des contractions dans les muscles placés au-dessus des points des nerfs irrités, et, par suite, plus près des centres nerveux; et l'on prouve facilement, en tranchant la moelle épinière sur plusieurs points, que ces effets sont dus aux actions que les physiologistes appellent réflexes, c'est-à-dire aux réactions des centres nerveux éveillées par l'excitation électrique des nerfs sensitifs, portées aux centres mêmes, et là transformées en excitations du nerf moteur.

2° Lorsqu'on opère avec le courant électrique sur un nerf mixte et, par suite, sur les fibres motrices seulement, si ce nerf est séparé des centres nerveux, que l'on commence par employer un courant assez faible pour ne produire aucune excitation sensible, puis que l'on accroisse graduellement

(1) Voyez ci-dessus, pages 377 et 457, numéros des 16 mai et 20 juin 1868. — Il nous reste entre les mains quatre leçons écrites par M. Matteucci, et terminant la première partie de son cours d'*électro-physiologie*; il nous renvoyait précisément ses épreuves l'avant-veille du jour où la mort est venue le frapper si inopinément. Ces leçons paraîtront incessamment dans la *Revue*.

l'intensité du courant, tandis que le nerf conserve toujours toute l'excitabilité possible, on obtient pour premier phénomène la contraction au moment où le courant direct commence à passer; un courant inverse un peu plus fort réveille la contraction au moment seulement où il cesse de passer. Ces deux effets sont constants, et l'on peut les obtenir successivement et alternativement sur le même nerf en réglant l'intensité du courant qui l'excite.

La contraction produite par le courant inverse à l'ouverture du circuit s'obtient en fermant d'abord le circuit par un courant assez faible pour n'exciter aucun effet, puis en augmentant ce courant pendant que ce circuit reste fermé et en ouvrant alors le circuit qu'on aura laissé fermé pendant le moins de temps possible.

3° En employant des courants plus forts et en mesurant les contractions au dynamomètre, on trouve constamment que la contraction due au commencement du courant direct est toujours plus grande que la contraction due au commencement du courant inverse.

4° Lorsque les nerfs ont perdu en partie leur excitabilité, soit par l'affaiblissement naturel qui suit la mort, soit par l'action prolongée de l'électricité, on obtient constamment, même avec des courants intenses, la seule contraction, à la fermeture du courant du membre dont le nerf est parcouru par le courant direct; puis, à la rupture, la seule contraction du membre dont le nerf est parcouru par le courant inverse.

Et ces effets s'obtiennent également, soit en limitant le passage de l'électricité dans les nerfs, soit en faisant passer le courant d'un membre à l'autre, afin qu'il parcoure en même temps les nerfs et les muscles.

J'ai cru nécessaire de commencer par ce court résumé, parce que dans une forêt si obscure et pleine, comme l'est cette partie de la science, d'observations si nombreuses et si variées, il est essentiel, après les progrès qui ont été faits, de bien fixer votre esprit sur les seuls points que l'expérience ait mis hors de doute.

Rappelez-vous que jusqu'ici, et même dans tout le cours de la présente leçon, nous n'entamons pas l'étude des effets que le passage continuel de l'électricité produit dans les nerfs : ce sera le sujet exclusif de la prochaine leçon.

Pour terminer cependant le sujet traité jusqu'ici, il me reste à vous parler des effets obtenus en opérant toujours avec des courants très-faibles et gradués, non plus sur des nerfs mixtes séparés des centres, mais sur ces mêmes nerfs intacts et en communication avec les centres nerveux, c'est-à-dire sur les animaux vivants, ou du moins beaucoup plus vivants que les animaux préparés par les procédés que nous avons décrits.

Il est très-facile de préparer la grenouille pour ces expériences : il suffit de lui enlever la peau, les os et les muscles du bassin et tous les viscères de l'abdomen, et de séparer comme d'ordinaire les deux membres inférieurs de manière qu'ils restent unis à la tête et au tronc supérieur de l'animal par le moyen des nerfs cruraux.

On doit à Maurice Schiff d'avoir observé le premier qu'en agissant sur les nerfs de la grenouille ainsi préparée, c'est-à-dire avec l'épine dorsale intacte, on avait d'abord la contraction du membre dont le nerf est parcouru par le courant direct, à la fermeture du circuit, comme il arrive quand on opère sur les nerfs coupés; puis on augmente graduellement le courant; au lieu d'avoir la contraction à l'ouverture du courant dans le membre dont le nerf est parcouru par le courant inverse, on obtient d'abord dans ce membre la contraction à la fermeture du courant : c'est seulement avec un courant un peu plus fort que se produit dans ce membre la contraction à l'ouverture du circuit.

J'ai plusieurs fois confirmé cette observation de M. Schiff, et, comme on pouvait se demander si ce phénomène n'était pas dû à l'effet de ces courants dérivés dont nous avons déjà parlé dans la dernière leçon, et qui se peuvent observer quand le nerf est laissé en contact avec les muscles ou une couche conductrice quelconque, j'ai eu soin de répéter l'expérience en tenant, comme j'ai déjà dit, le nerf bien isolé et soulevé au-dessus du muscle sous-jacent; et j'ai toujours, même avec cette précaution, confirmé l'observation de M. Schiff. J'ajouterai qu'il suffit de couper le nerf et d'agir ensuite avec le même courant sur le tronc inférieur pour voir *aussitôt* se produire le second phénomène électro-physiologique, c'est-à-dire la contraction, quand cesse le courant inverse.

Je dois pourtant faire remarquer, au sujet du fait découvert par M. Schiff, que si l'on renouvelle plusieurs fois de suite le passage du courant même dans le nerf intact, on obtient bientôt le phénomène ordinaire, c'est-à-dire l'excitation du nerf à la rupture du courant inverse.

J'ajouterai encore qu'en faisant l'expérience de M. Schiff sur un long filament nerveux, de manière à pouvoir faire agir tantôt le courant sur les points du nerf les plus éloignés de la jambe, tantôt sur les points les plus rapprochés, on verra constamment le phénomène, que j'appellerai exceptionnel (c'est-à-dire la contraction à la fermeture avec le courant inverse), se transformer et faire place au phénomène *ordinaire* de la contraction, à la rupture du courant inverse allant des points du nerf les plus éloignés aux points les plus *rapprochés* de la jambe. Nous verrons plus tard, si cela se peut, à rattacher ces observations de M. Schiff aux lois générales de l'électro-physiologie.

Je vais maintenant vous exposer, sous forme de propositions, les autres effets électro-physiologiques les mieux constatés par l'expérience.

Première proposition. — En opérant avec le courant sur les nerfs mixtes ordinaires d'un animal vivant, outre les contractions déjà décrites, on a des phénomènes de sensibilité, c'est-à-dire des signes de douleur, et, de plus, des mouvements musculaires dans le dos et dans les membres supérieurs; ces sensations et ces mouvements s'obtiennent avec le courant direct, quand il cesse de passer, et avec le courant inverse quand il commence à agir.

C'est surtout à Marianini qu'on doit les meilleures recherches sur ce sujet déjà traité par Ritter, Lehot, Bellingeri.

Voici sur une tablette une grosse grenouille très-vivace et maintenue par des épingles qui fixent les extrémités des membres. Je découvre les deux nerfs sciatiques à la partie interne des cuisses sur la plus grande longueur possible, et j'introduis sous ces nerfs bien essuyés une bande fine de gutta-percha. De cette façon je puis agir sur l'un des nerfs avec le courant direct, et, sur l'autre, avec le courant inverse.

Vous comprendrez facilement, quand il s'agit d'obtenir des signes de douleur d'une grenouille, la difficulté d'y réussir, et, par suite, l'incertitude des résultats.

Je commence par appliquer le courant inverse d'une pile de 8 petits éléments. Le résultat annoncé se produit, la

[illegible] et donne des convulsions dans la partie supérieure du corps au moment où je ferme le circuit. A peine le circuit est-il ouvert, que l'on ne voit plus que la contraction ordinaire de la jambe.

Les signes de douleur sont plus incertains, mais pourtant fréquents dans le membre dont j'excite le nerf par le courant direct au moment où ce courant cesse.

Il m'aurait été plus facile de vous montrer ces phénomènes si j'avais voulu faire la même expérience sur un lapin; la seule différence est que j'aurais été obligé d'employer un courant un peu plus intense. Dans cet animal, les signes de douleur excités par le courant sont plus distincts et plus constants.

Je tiens à vous montrer, par une expérience très-simple, que les contractions éveillées dans le dos et dans les membres supérieurs par le courant inverse sont, comme je vous l'ai dit, un effet des actions réflexes sur la moelle épinière. En effet, si l'on coupe la moelle épinière de la grenouille, ces phénomènes cessent, et si je vous faisais l'expérience en coupant la moelle à des hauteurs différentes, nous verrions ces mouvements continuer à se manifester dans les parties comprises entre le nerf excité et la section, tandis qu'ils cesseraient au-dessus.

Deuxième proposition.—Si l'on a une grenouille préparée et fixée dans le dynamomètre, la contraction, éveillée dans le nerf crural par le passage du courant direct le plus faible possible au moment où l'on ferme le circuit, diminue, dans la plupart des cas, de moitié quand on fait passer le même courant par un second nerf crural : cette contraction se réduit au tiers si le courant passe par trois nerfs semblables *placés les uns* à côté des autres.

Le circuit se compose d'une petite pile d'un seul élément, zinc et cuivre, dans l'eau pure; du rhéostat, liquide ordinaire, dont le cordon est immergé en grande partie; d'un galvanomètre à long fil, et du dynamomètre de Bréguet, que nous connaissons déjà. Dans le dynamomètre est suspendue, comme d'ordinaire, la moitié d'une grenouille, avec cette différence que, pour cette préparation, on a laissé le plus long possible l'autre nerf crural uni à l'épine dorsale, en la coupant juste à l'endroit où il s'insère dans la cuisse. On peut facilement prendre sur d'autres grenouilles des nerfs cruraux semblables à ceux-ci. L'expérience doit être faite sous la caisse de verre dont l'air se maintient saturé d'humidité. Dans une première expérience, j'ai soin de relever, le long de l'épine dorsale, le second nerf crural, c'est-à-dire celui qui est coupé et qui n'est pas attaché à son membre. Je ferme le circuit; le courant passe par le seul nerf intact, et je mesure la contraction qui se produit alors. Puis aussitôt après, remettant en place l'index du dynamomètre, j'abaisse l'autre nerf au contact de la cuisse intacte et je répète l'expérience; dans ce cas, il est évident que le courant électrique est forcé de se partager également entre les deux nerfs. Je puis ensuite répéter l'expérience en attachant un troisième nerf, dans lequel il faut aussi que passe une partie du courant.

Cette fois j'ai introduit le dynamomètre dans le circuit, afin de m'assurer d'un fait important pour notre expérience et qui devait précéder dans la théorie. Le circuit étant très-résistant en raison de la colonne liquide qui y est introduite, et cette résistance étant beaucoup plus grande que celle du filament nerveux, si je fais l'expérience en tenant le circuit fermé jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre ait dévié, je [illegible] dans les trois cas à peu près la même direction. Si donc la même quantité d'électricité passe toujours, il est clair que lorsque j'ai deux nerfs dans le circuit, il ne passe pas plus par chacun de ces nerfs que la moitié de l'électricité qui passait dans un des nerfs quand il était seul, et que, si les nerfs sont au nombre de trois, il ne passe plus par chaque nerf que le tiers de cette électricité.

Le résultat obtenu le plus constamment dans ces expériences fut que, en employant un courant électrique très-faible, la contraction mesurée par le dynamomètre était en proportion de la quantité d'électricité qui passait par le nerf excité.

Troisième proposition. — Quand le courant électrique parcourt les fibres nerveuses transversalement, c'est-à-dire normalement à leur direction, la contraction excitée est nulle ou presque nulle.

Cette proposition se trouve déjà indiquée dans les premiers mémoires de Galvani. Mais il était bon de la démontrer par des expériences plus exactes. Pour cela, je prends un cube de bois, et sur l'une des faces je fixe une lame rectangulaire de zinc et une de cuivre en laissant entre elles un intervalle de 25 ou 30 millimètres, où je dispose une bande de papier ou de drap mouillé. A l'une de ces bandes est soudé un fil de cuivre que je puis, par son extrémité libre, porter au contact de l'autre lame quand je veux fermer le circuit. Grâce à cette disposition, il arrivera, une fois le circuit fermé, que la couche humide interposée pourra se considérer comme parcourue par une foule de filets du courant électrique parallèle et d'égale intensité.

Je prends une grenouille galvanoscopique bien vivace et soutenue par une feuille de gutta-percha, et je dispose l'expérience de manière que tantôt le nerf de la grenouille soit étendu dans toute sa longueur à travers ces filets du courant, que tantôt il soit parallèle à ces filets. Dans le premier cas, quand je ferme le circuit, nous ne voyons pas de contraction, ou bien elle est très-faible et rare, tandis qu'elle se produit immédiate et énergique dans le second cas. Pourtant la partie du nerf traversée par le courant est bien plus longue que celle qu'il parcourt lorsque le nerf est tenu, dans le premier cas, parallèlement aux filets électriques.

On peut faire l'expérience d'une manière encore plus décisive, c'est-à-dire en ne mettant pas le nerf en contact avec la couche humide, mais en l'étendant exactement dans un intervalle longitudinal pratiqué par une coupure dans le papier, de manière que les filets des courants soient forcés de passer à travers le nerf; avec cette disposition, l'excitation du nerf est encore nulle ou extrêmement faible et non constante.

On peut donc considérer comme démontré par l'expérience que le nerf, pour être excité par un courant (que l'on doit employer très-faible), demande à être parcouru dans le sens de son axe et non transversalement. Lorsque nous saurons en quoi consiste l'excitation d'un nerf, ce fait devra s'expliquer facilement.

Quatrième proposition. — Le courant électrique appliqué aux nerfs sensitifs éveille, tant qu'il continue à passer, des sensations correspondantes à ces sens, c'est-à-dire des phénomènes déterminés par le caractère spécifique de ces nerfs.

Ainsi, en excitant les nerfs de l'oreille, on entend des bruits, des sifflements plus ou moins intenses, et qui durent tant que le circuit reste fermé. Lorsque le courant traverse la langue

par le moyen d'électrodes de platine appliqués sur la surface de la langue, on éprouve des sensations de goût qui sont différentes cependant au contact des deux électrodes, et qui semblent devoir être attribuées aux sensations éveillées par les produits de l'électrolysation. Ainsi, on a la saveur âcre au contact de l'électrode positif, où se dégagent les acides et l'oxygène, et la saveur alcaline au contact du pôle négatif. Dans l'organe de la vue, le courant produit une sorte d'éclair, en agissant peut-être plutôt par la contraction des muscles et par une espèce de choc mécanique que par une action directe sur le nerf optique. On sait en effet qu'un choc quelconque contre le globe de l'œil produit un effet semblable. Quand le courant traverse la peau du corps ou l'organe du tact, on sent des piqûres et des cuissons désagréables. Naturellement ces effets s'accroîtraient et se compliqueraient de ceux de la chaleur et des irritations chimiques énergiques, si l'on employait des courants intenses, et c'est ce qui arrive quand le courant est longtemps appliqué ou qu'on emploie une pile d'un grand nombre d'éléments pour appliquer l'électricité dans certaines maladies : souvent alors il se forme des eschares ou des plaies sur la peau au contact des électrodes. C'est ce qui arriva à Humboldt quand il appliqua sur lui-même le courant électrique en faisant toucher les deux électrodes sur deux points où l'épiderme avait été enlevé par le moyen de deux vésicatoires.

Il nous manque encore des recherches exactes et suivies sur ce sujet, qui serait pourtant d'une grande importance, surtout pour les applications thérapeutiques de l'électricité.

Ritter, qui est encore le physicien à qui l'on doit les études les plus approfondies sur ce sujet, crut découvrir des différences très-considérables entre les effets d'un pôle et ceux de l'autre ; d'autres observateurs admettent aussi généralement cette différence. Suivant Ritter, l'œil mis en communication avec le pôle positif verrait les objets en rouge, plus grands et plus distincts, tandis qu'au pôle négatif il les verrait bleus, plus petits et plus confus. L'oreille, suivant le même auteur, mise en contact avec le pôle positif, entendrait certains sons plus bas, tandis qu'avec le pôle négatif elle éprouverait l'effet contraire.

Disons-le franchement, ces phénomènes sont encore mal connus et mériteraient des recherches plus exactes, vu l'importance qu'ils ont pour l'électro-physiologie et la thérapeutique.

Cinquième proposition. — Le courant électrique agit sur les racines épinières des nerfs du mouvement et de la sensation comme les autres excitants : les phénomènes éveillés par le courant électrique appliqué aux racines antérieures ou motrices sont identiques avec ceux que nous avons vus se produire quand on opère sur les nerfs mixtes.

J'ai voulu citer ce résultat parce que, de quelques expériences faites il y a bien des années par Longet et par moi, on avait tiré cette conséquence que l'électricité agit sur les nerfs du mouvement autrement que sur les nerfs mixtes et d'une manière presque opposée.

On sait combien il est difficile d'opérer avec le courant électrique sur les racines des nerfs : ces racines ont une longueur fort peu considérable, même dans les chiens, et souvent le sang et les muscles sous-jacents altèrent les conditions physiques de la propagation du courant dans les racines mêmes. Longet et moi nous avions observé que le courant direct produit la contraction dans les membres inférieurs quand il cesse, et que le courant inverse opère au contra[ire] quand il commence à passer. Ainsi les phénomènes serai[ent] contraires à ceux que nous avons vus se manifester dans [les] nerfs mixtes ; et en effet c'est ainsi qu'on les obtient sur [les] racines antérieures lorsqu'on n'emploie pas, ainsi que l'[ont] depuis indiqué MM. Martin-Magron et Rousseau, la préc[au]tion d'isoler la racine du nerf des muscles sous-jacents [au] moyen de ce fil de soie qui porte à son extrémité un croc[het] de verre et que je vous ai déjà décrit. Dans la première m[a]nière d'opérer, les effets obtenus n'étaient pas ceux qui étaie[nt] dus au courant qui circule directement dans le nerf d'[un] électrode à l'autre, mais au contraire ils étaient produits p[ar] la partie du courant qui se répand dans le nerf, en deho[rs] des électrodes, dans la partie du nerf la plus rapprochée d[es] muscles. De cette façon, on comprend facilement que lorsqu[e] le courant est, par exemple, inverse dans la partie *du ner[f]* comprise entre les électrodes, il est au contraire *direct en* dehors des pôles et dans la partie rapprochée du muscle. *Et* comme l'excitabilité, d'après l'observation déjà citée de Valli, est d'autant plus grande que la partie du nerf sur laquelle on opère est plus rapprochée des muscles, on comprend que les effets prédominants dans ce cas doivent être ceux que produit le courant inverse. Ainsi fut découverte la cause de l'erreur commise par Longet et par moi, et il fut démontré que quand on agit sur les racines antérieures bien isolées et détachées des muscles sous-jacents, les phénomènes électro-physiologiques sont les mêmes que nous avons démontré appartenir aux nerfs mixtes.

Pour terminer cette étude sur l'action physiologique du courant, je dois encore parler des effets obtenus en appliquant l'électricité aux différentes parties du cerveau et aux *nerfs* ganglionnaires.

Si, après avoir mis le cerveau à nu dans un animal *vivant*, par exemple un lapin ou un chien, on met les *électrodes* d'une pile en contact avec les différentes parties de cet organe, quand la pile est faible on n'obtient rien de distinct ; quand la pile est forte, on n'obtient rien de particulier et qui ne se puisse obtenir également par les stimulants mécaniques, chimiques, calorifiques, appliqués aux mêmes parties.

L'action de l'électricité sur le système ganglionnaire, quoique très-imparfaitement étudiée encore, est bien différente de celle qui est produite sur les nerfs mixtes. Je vous dirai ici ce que nous savons à ce sujet ; depuis les anciennes expériences de Humboldt, on y a ajouté bien peu de chose.

Supposons que nous avons une grenouille préparée de manière que le cœur soit à découvert, et qu'on puisse facilement, un chronomètre à la main, compter le nombre des pulsations produites dans un temps donné. L'expérience de Humboldt, que je vous montre ici, consiste à irriter, par un courant électrique d'une intensité médiocre, le plexus cardiaque, en touchant avec les électrodes les parties voisines de ce plexus. En continuant à compter les pulsations, tandis que le circuit est fermé, nous ne verrons d'abord et pendant quelques minutes rien de nouveau se produire ; puis peu à peu les pulsations du cœur deviendront plus fréquentes, et cette accélération continuera à se manifester encore quelque temps après la rupture du courant.

On obtient un résultat semblable quand on agit avec le courant sur le nerf ganglionnaire qui va aux intestins. En ce cas, il faut faire l'expérience sur un lapin dont on a découvert et tiré au dehors la masse intestinale, de manière à pouvoir se

faire une idée de ce qu'on appelle le mouvement vermiculaire des intestins et de sa rapidité. Alors on fait passer le courant dans les nerfs ganglionnaires qui se distribuent aux intestins et comme pour le cœur. On ne voit rien d'abord ; mais si l'on maintient le circuit fermé, le mouvement vermiculaire devient plus rapide et reste dans cet état quelque temps encore après la rupture du circuit.

A ces observations il faut ajouter celle-ci, faite, je crois, en Allemagne, que si le courant électrique employé à exciter le ganglion du cœur était très-intense, on obtenait au bout d'un certain temps un effet contraire à celui qu'avait découvert Humboldt, c'est-à-dire la cessation des mouvements du cœur.

Ce sujet, quelque difficile qu'il soit, mériterait bien aussi d'être repris avec des recherches nouvelles et plus étendues qui devraient spécialement porter sur l'homme ou sur les animaux supérieurs, afin qu'on pût déterminer avec exactitude la quantité et la composition chimique de l'urine, de la bile et des différents liquides de l'estomac ou des intestins qui seraient obtenus sans l'action du courant électrique et sous l'action plus ou moins prolongée du courant à travers ces parties.

Nous savons aujourd'hui, par les belles expériences de Budge et de M. Cl. Bernard, que les nerfs ganglionnaires agissent sur les vaisseaux sanguins, et peut-être sur les fibres musculaires de ces vaisseaux, tantôt pour les resserrer, tantôt pour les dilater. De cette façon, si la quantité du sang qui circule dans les tissus ou dans les viscères vient à varier, le système ganglionnaire a une grande influence sur la nutrition et sur la sécrétion. On connaît cette belle expérience de M. Cl. Bernard : Si l'on fait la section d'un certain filet nerveux qui dépend du système ganglionnaire et qui se ramifie dans l'oreille, on voit, quand on opère sur un lapin ou sur un chien, l'oreille correspondante au nerf coupé devenir notablement plus rouge et acquérir une température que même sans l'aide du thermomètre, et avec la main, on trouve plus élevée que celle de l'autre oreille. Si l'on fait une incision à l'extrémité de cette oreille, on voit le sang en couler abondamment et en bien plus grande quantité que cela ne serait arrivé si l'on avait laissé le nerf intact. Si alors on irrite avec un courant électrique intermittent la partie périphérique de ce nerf, et que cette irritation dure un certain temps, on verra les choses se rétablir comme elles étaient auparavant, c'est-à-dire la température de l'oreille s'abaisser et le dégorgement abondant de sang cesser. Évidemment, dans cette expérience, l'action électro-physiologique est produite par la contraction des fibres musculaires des parois des vaisseaux, contraction qui fait varier le diamètre des vaisseaux eux-mêmes, et par suite la circulation du sang.

Je ne puis me dispenser de vous dire un mot des effets obtenus en appliquant le courant électrique sur les masses musculaires d'un animal vivant ou récemment tué. Nous avons déjà vu, dans les premières leçons, qu'on obtient de cette façon dans les muscles de fortes contractions et des signes de douleur. Si les électrodes de la pile sont appliqués sur la surface du muscle à une petite distance l'un de l'autre, la contraction est faible et limitée ; elle s'étend au contraire à tout le membre quand les électrodes sont appliqués aux extrémités du membre même.

Supposons que nous opérons sur un lapin ou sur un chien vivant, et que nous avons enlevé sur un certain espace la peau des cuisses ; alors appliquons les deux électrodes d'une pile de 25 à 30 petits éléments de zinc et cuivre et d'eau pure sur les extrémités d'une cuisse qui aura d'abord été essuyée et privée de sang. C'est un fait constant, que si le courant va de la tête aux pieds, quand le courant s'établit il y a une forte contraction dans la jambe, et que s'il va au contraire des pieds à la tête, l'animal crie et donne des signes très-marqués de douleur.

Ces phénomènes sont les mêmes que nous avons déjà décrits en étudiant l'action du courant électrique sur le nerf ischiatique intact d'un animal vivant. Devons-nous supposer que le courant électrique qui, dans cette disposition, doit être transmis en grande partie par la substance musculaire, agit néanmoins par l'effet que produirait une partie fort petite de ce courant en s'écoulant directement par les ramifications nerveuses, ou bien que le courant, en s'écoulant à travers les fibres musculaires, agit d'une manière encore inconnue et par une sorte d'induction, en engendrant un courant électrique dans les nerfs ou en excitant l'agent nerveux dans une direction parallèle à la sienne ?

Il est prudent, dans les conditions actuelles de la science, de répondre en accueillant la première conjecture : toutefois ce sujet mérite aussi d'être étudié de nouveau, d'autant plus qu'il ne serait pas difficile de démontrer, par l'expérience, que le nerf d'une grenouille galvanoscopique très-vivace caché à l'intérieur de cette grosse masse musculaire, parallèlement aux fibres de cette masse, ne donne le plus souvent aucun signe de contraction quand on ferme le circuit de la pile.

Un dernier mot enfin sur les phénomènes électro-physiologiques obtenus par l'action des courants intermittents sur les nerfs mixtes.

Voici une grenouille préparée de la manière ordinaire et à laquelle j'applique les électrodes d'une petite pile, dans le circuit de laquelle entre une roue de métal qui porte fixées sur sa circonférence des dents d'ivoire ou de bois. Une des extrémités du circuit est en communication avec l'axe de la roue, tandis que l'autre extrémité communique avec un ressort de laiton qui appuie sur la circonférence. Par conséquent, lorsqu'on fait tourner la roue, tantôt le courant passe, tantôt il ne passe pas. Voici, dans ce cas, les phénomènes qui se produisent dans la grenouille. Si les passages et les interruptions du courant se produisent avec lenteur, les contractions ont lieu, comme d'ordinaire, à chaque passage du courant, et l'animal est déjà revenu à l'état de repos quand arrive la seconde contraction. Avec une rotation plus rapide, les contractions s'additionnent pour ainsi dire, et l'on arrive bientôt à une contraction tétanique qui maintient une grenouille tendue et roide. Mais le fait le plus important est celui qui se présente quand la rotation devient plus rapide encore ; alors la contraction cesse pour ainsi dire, et l'on voit disparaître l'état tétanique. On peut admettre que, dans le cas où le passage du courant et ces interruptions sont extrêmement rapides, leur effet ne diffère plus de celui d'un courant continuel.

Masson, qui étudia le premier ce sujet, découvrit qu'un animal très-vigoureux, comme un chat par exemple, est tué en peu de secondes par l'action du courant interrompu d'un ou deux couples voltaïques seulement. Ces mêmes effets s'obtiennent aujourd'hui avec de très-petits appareils d'induction. Avec un grand nombre d'excitations du nerf répétées dans un espace de temps très-court, il se fait probablement une telle dépense presque instantanée de l'agent nerveux soustrait à

l'animal entier, que la vie des nerfs est détruite comme dans l'empoisonnement par l'acide prussique.

CH. MATTEUCCI,
Sénateur et ancien ministre de l'instruction publique du royaume d'Italie.

— Traduit par L. T. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

VIII

Variabilité de l'individu. — Variabilité de l'espèce. — Variété. — Race.

Messieurs,

Je vous ai déjà dit que les naturalistes qui, en principe, affirment de la manière la plus absolue l'invariabilité de l'espèce, admettent cependant, dans la pratique et devant les faits, une certaine variabilité; tandis que les partisans de la variabilité, les plus fougueux en théorie, reconnaissent, à leur tour, qu'au moins pendant certaines périodes les espèces restent fixes. Tout nous rapproche donc de la notion de cette variabilité limitée à laquelle Buffon est arrivé et s'est arrêté, après avoir successivement cru aux deux opinions extrêmes. Nous allons par conséquent commencer l'étude des variations des espèces, de leurs limites et de leurs causes.

Posons-nous une première question : L'individu est-il quelque chose de stable et d'invariable? — Non. Même si on le considère à l'état adulte, tout être organisé est soumis à ce tourbillon vital qui résulte d'un double mouvement d'apport et de départ. Il subit sans cesse des pertes, que sans cesse il doit réparer sous peine de mourir.

La nutrition peut seule empêcher la mort de l'individu. Il faut de plus que tous les appareils trouvent par elle la nourriture spéciale qui leur est nécessaire, sans quoi ils souffrent, et leur souffrance, réagissant sur l'organisme entier, ne tarde pas à amener la mort. Cela résulte des belles expériences de Chossat, qui essaya de nourrir des poulets en les privant de phosphate de chaux. Ils ne tardèrent pas à périr. Leurs os étaient en partie réduits à l'état de cartilages; quelques-uns étaient perforés. Ainsi, les os eux-mêmes, qui constituent la partie la plus inactive de notre organisme, se nourrissent d'éléments particuliers dont ils ne peuvent se passer.

Mais, nous dit-on, le tourbillon vital respecte les formes, et c'est d'après les formes que l'on juge les espèces. Je le veux bien; seulement ces formes elles-mêmes varient extrêmement depuis l'apparition de l'être jusqu'à l'instant de sa mort naturelle. Tous les êtres vivants subissent des métamorphoses. Ils proviennent tous d'un germe, œuf, graine ou bourgeon, très-différent de ce que sera l'adulte. Ainsi, chez les végétaux, le germe de l'individu, c'est-à-dire le jeune bourgeon ou la jeune feuille naissante ne ressemble pas au rameau ou à la feuille développée. Chez les animaux, certaines larves s'éloignent tellement de l'animal parfait, que si l'on n'était sûr d'avance qu'il s'agit du même individu, on serait naturellement conduit, par la vue de formes si peu semblables, à les placer dans des classes différentes.

Sans même parler des êtres plus particulièrement appelés *à métamorphoses*, vous savez tous que chez un grand nombre d'animaux on distingue parfaitement la *livrée* des jeunes du pelage ou du plumage des adultes. Enfin, chez l'homme, l'enfance, l'âge mûr et la vieillesse sont autant de phases marquées par des différences très-grandes, non-seulement pour les formes et pour les proportions, mais même pour les appareils intérieurs, tels que le système osseux qui, chez le vieillard, est souvent modifié et attaqué. Il me suffit de vous rappeler ces faits de tous les jours pour vous prouver que l'individu est de sa nature instable et variable.

Tous ces changements, dira-t-on, sont normaux et tiennent à l'essence des êtres chez qui on les observe. Cela est vrai; mais il n'en est que plus important de les rappeler. Qu'en résulte-t-il en effet, sinon que l'individu nous apparaît comme un champ limité et fini, où la vie apporte et d'où elle remporte sans cesse des matériaux, tantôt entretenant, tantôt détruisant ou modifiant par une épigenèse incessante ces formes dont nous faisons des caractères. Et ce n'est pas là une théorie inventée à plaisir, mais un fait incontesté. Si l'on n'en comprend pas bien la portée et la valeur scientifique, c'est qu'il s'accomplit trop journellement et trop sous nos yeux pour que l'habitude ne nous dissimule pas la merveille de cet être se rénovant à chaque instant, sans cesser de rester lui-même.

Mais à côté de ces changements normaux, il en est d'autres qui, s'opérant en dehors des nécessités de la nature des êtres, montrent que l'individu peut varier sensiblement dans un sens anormal sans que sa santé soit altérée, ni qu'il cesse pour cela d'appartenir au groupe dont il fait partie. Pour ne pas insister trop longtemps sur les variations de l'individu, je me bornerai à vous citer quelques faits relatifs à ce qui constitue chez l'homme des caractères de race.

Il y a, vous le savez, des races blondes et colorées à côté de races brunes au teint plus ou moins foncé. Or, bien des enfants ont commencé par être blonds et rosés, pour devenir plus tard bruns et pâles. J'ai vu, pour ma part, une jeune fille qui, restée blonde jusqu'à l'âge de quinze ou seize ans, commença seulement alors à brunir; à dix-huit ans, ses cheveux étaient des plus noirs et présentaient même des reflets bleus. La transformation inverse est plus rare; cependant on voit, chez quelques enfants, les cheveux devenir blonds après avoir commencé par être bruns.

Je passe à des faits bien plus graves. Une grande distinction parmi les hommes est celle des populations blanches et des populations noires. Or, il est très-souvent question de nègres blancs dans Buffon, Lecat, Blumenbach, Fischer et I. Geoffroy. Voltaire lui-même en parle, et des observations récentes confirment tous ces anciens récits. Une distinction est cependant nécessaire. Certains de ces nègres blancs sont sans aucun doute des albinos; et l'albinisme est un phénomène tératologique qui consiste dans la disparition plus ou moins complète du pigment, d'où résultent une peau blafarde, des cheveux blancs et des yeux rouges qui ne peuvent supporter la lumière.

Mais d'autres observations portent sur des noirs fils de noirs dont la peau est devenue, après une transformation complète, une véritable peau de blanc. Ce phénomène s'est

(1) Voyez ci-dessus, pages 366, 431, 450 et 495, 9 mai, 6 et 13 juin, et 4 juillet 1868.

présenté parfois dès la naissance, parfois chez des individus déjà avancés en âge. J'en citerai deux exemples, dont l'authenticité est incontestable.

Le premier est emprunté à Buffon. C'est le cas d'une femme nommée Françoise, cuisinière du colonel Barnet. Elle était fille de père et mère noirs, et l'absence de tout blanc parmi ses ascendants excluait toute idée d'atavisme. Jusqu'à quinze ans, elle garda l'apparence d'une vraie négresse ; mais alors sa peau se mit à blanchir autour des ongles, en un des points où, dans la transformation inverse, la coloration primitive est le plus durable, ainsi qu'autour de la bouche. A quarante ans, tout le corps était devenu d'un blanc rosé, sauf le cou, l'échine dans sa longueur et les aisselles, restées brunes avec des taches noires. Rien d'ailleurs ne rappelait chez elle la peau blafarde de l'albinos. Les villosités étaient noires sur les parties restées noires ; elles étaient devenues blanches partout ailleurs. Cette femme ne fut point malade, et la peau continua à remplir sans trouble ses fonctions ordinaires.

Le second fait, non moins authentique, est rapporté par le docteur Hammer. Un jeune nègre, fils de père et mère nègres, n'ayant aucun ascendant blanc connu, fut, à l'âge de seize ans, mordu par un chien, et voici de quels phénomènes fut suivie l'émotion que lui causa cet accident. Dans l'espace de vingt-cinq jours, sa coloration noire pâlit sensiblement ; puis son corps se couvrit de taches blanches qui grandirent et finirent par se confondre. A vingt-cinq ans, tout le corps était blanc, semé seulement de *nævi* ou grains de beauté. La partie inférieure de la face était blanche, la partie supérieure noire, et le cuir chevelu blanc ; les cheveux n'avaient point changé, les poils du pénis n'étaient point devenus blancs, mais avaient pris la couleur blonde. Cependant les fonctions étaient restées normales, et la seule particularité qu'offrit cet homme de race nègre était sa coloration nouvelle. Dans ce cas aussi, la peau devenue blanche ne l'était pas à la manière de celle de l'albinos. Cet homme ainsi transformé épousa une négresse, et les enfants qu'il en eut furent de véritables nègres. Il s'agissait donc là d'un phénomène tout individuel.

Toutefois le même fait peut s'étendre à toute une population. L'amiral Fleuriot de Langle me parlait dernièrement d'un village du Gabon composé uniquement de nègres blancs, à la peau rosée et souple, aux yeux bleus supportant très-bien la lumière, aux cheveux crépus, mais rouges, tous caractères qui ne permettent pas de voir en eux des albinos. Au reste, ces détails si intéressants doivent être complétés par un envoi de photographies.

Quoi qu'il en soit, nous venons de voir que des nègres ont pu passer presque entièrement, et d'une manière définitive, du noir au blanc par une transformation complète de ce caractère si important, la coloration de la peau.

Le changement inverse n'a jamais eu lieu. Il n'y a pas d'exemple de blanc devenu noir en totalité et pour la vie. On cite bien une femme âgée dont le corps prit en une nuit, à la suite d'une vive terreur, une couleur grise plutôt que noire, mais c'est là un fait pathologique qui sort de notre domaine.

Il en est autrement du mélanisme partiel et temporaire, dont il y a des exemples fréquents. Ce phénomène se manifeste souvent chez les femmes enceintes par l'apparition de ce qu'on appelle le *masque*. Sur la figure se produisent des taches plus ou moins foncées, plus ou moins nombreuses, qui vont quelquefois jusqu'à confluer. Elles rappellent les taches de rousseur qui, de l'avis de Simon, sont des points où la peau, par sa structure et son pigment, est exactement la peau du nègre. Chez ces mêmes femmes, l'aréole du sein se fonce, s'accroît et devient parfois complétement noire. Ce phénomène a été étudié en France par Lecat. Le docteur Lawrence, membre correspondant de l'Académie des sciences, titre qu'il doit en partie à son excellent *Traité d'histoire naturelle de l'homme*, raconte qu'en une matinée White observa 20 femmes enceintes. Chez 19, l'aréole était devenue large et noire ; chez une, elle atteignait huit pouces de circonférence ou 7 centimètres de diamètre. Dans certains cas, le sein entier peut être envahi.

Camper a vu une femme dont le corps entier avait noirci, à l'exception du visage. Lorsqu'elle mourut, Camper la disséqua, et vit que sa peau était semblable à celle d'un nègre. Un de mes anciens auditeurs, le docteur Guyetan, m'a raconté qu'il avait observé un fait analogue chez une jeune femme dont le corps entier, sauf la figure, avait bruni lors de sa première grossesse, de façon que la peau était devenue pareille à celle des mulâtres.

Ainsi l'individu change constamment pendant sa vie pour obéir aux lois générales ; il peut aussi changer accidentellement et d'une manière anormale, sans que sa santé en souffre, ni qu'un autre phénomène que ce changement même se produise en lui.

Si donc l'individu, dans le court espace de sa vie, est chose si mobile, l'espèce, quand on la définirait, avec Blainville, l'individu répété dans l'espace et dans le temps, pourrait-elle rester immuable ? Le bon sens dit que non. En effet, cet être propagé dans l'espace et dans le temps doit nécessairement présenter des transformations plus considérables que celui que l'on étudie dans les limites d'une vie individuelle.

L'expérience confirme le témoignage du bon sens. Ai-je besoin de rappeler qu'il n'y a pas deux individus rigoureusement semblables ; et que vouloir se mettre à la recherche de deux êtres identiques, serait renouveler l'infructueuse tentative des courtisans d'Alphonse le Sage parcourant en tous sens une forêt pendant un jour entier, dans l'espoir d'y découvrir deux feuilles semblables ?

J'en dirai autant des animaux. Notre grand peintre d'animaux Brascassat proposa à un paysan des environs de Toulouse de faire le portrait de sa chèvre. L'œuvre terminée, il demanda au propriétaire de l'animal ce qu'il pensait de son portrait. Le brave homme répondit que c'était fort beau, mais que ce n'était pas là sa chèvre. Il connaissait, en effet, la figure et les traits de cet animal, comme on connait dans ses détails la physionomie d'un vieil ami. Geoffroy a observé qu'un crâne de tigre ressemble parfois plus à un crâne de lion qu'à un autre crâne de tigre.

Chez l'homme, vous savez combien les Ménechmes sont rares. Souvent on a vu des enfants jumeaux tellement pareils, que les parents eux-mêmes employaient pour les distinguer quelque artifice de toilette ; mais, en grandissant, des différences s'accusent toujours, bien que la ressemblance reste toujours très-grande.

Le seul cas authentique d'identité physique de deux hommes est resté célèbre : c'est celui de Martin Guerre et d'Arnaud du Tilh. Tandis que le premier guerroyait en Espagne, son Sosie se présentait chez lui et trompait jusqu'à sa femme, qui crut vivre avec son mari. Du Tilh fut d'ailleurs pendu pour ce méfait, au retour de Guerre en 1560.

La science n'a pas de nom pour exprimer les très-légères différences qui distinguent les individus les uns des autres ;

mais l'expression de traits individuels est comprise de tout le monde. Dès que ces différences deviennent quelque peu tranchées, il se forme une *variété*. Il suffit pour cela qu'un individu varie assez au milieu de ceux de son espèce pour s'isoler nettement. Ainsi, parmi des fleurs unicolores, pourra se présenter une variété panachée, de même un fruit allongé quand l'espèce est ronde, un cheval blanc ou pie dans un troupeau noir.

Chez l'homme, des caractères même moins marqués constitueront néanmoins des variétés. C'est que lorsqu'il s'agit de nous-mêmes, notre œil s'est fait une éducation telle, qu'il apprécie les plus petites variations. Aussi y aura-t-il des variétés pour les cheveux lisses ou bouclés, pour un teint rosé et pour un teint pâle, pour une taille grande ou petite, pour des yeux bleus ou noirs.

Le caractère de la variété dans les espèces à génération normale est de rester ordinairement individuelle. Cependant des frères ou sœurs peuvent présenter les mêmes particularités.

Mais si l'on passe aux espèces généagénétiques, on conçoit qu'une seule variété puisse être représentée par un nombre considérable d'individus, quel que soit d'ailleurs le procédé de généagenèse. C'est donc avec raison que le botaniste et l'agriculteur appellent *variétés* toutes les formes nouvelles multipliées par oignons, boutures, greffe, etc.

Je me borne à citer un fait que j'emprunte à l'ouvrage de M. Chevreul sur l'espèce. En 1803-1805, M. Descemet, pépiniériste à Saint-Denis, vit apparaître dans ses semis de robiniers (*Robinia pseudacacia*) un individu sans épines, qu'il désigna sous le nom de *spectabilis*. Ce type unique, multiplié par marcottes, boutures et greffes, s'est répandu par milliers dans le monde entier. Tous ces individus fleurissent et grainent; mais leurs graines, toutes les fois qu'on les a semées, ont donné des individus épineux. Le *Robinia spectabilis* est donc resté une variété et ne saurait être regardé comme une race.

D'après les faits qui précèdent, nous définirons ainsi la variété : « Un individu ou un ensemble d'individus qui se distinguent des autres représentants de la même espèce par un ou plusieurs caractères exceptionnels communs qui les distinguent de leurs parents ou de leurs descendants. »

Cette définition est meilleure que celle un peu différente que j'ai donnée dans un résumé de mon cours publié sous le titre d'*Unité de l'espèce humaine*. Elle commençait ainsi : « Un individu ou un ensemble d'individus appartenant à *la même génération sexuelle*... » C'est, en effet, ce qui a lieu ordinairement, pour les *Robinia spectabilis*, par exemple; mais parfois la différentiation individuelle apparaît sur un rameau; c'est ce qui m'a conduit à supprimer ces mots « appartenant à la même génération sexuelle ». J'avais omis l'épithète de « communs »; en l'ajoutant, je crois avoir précisé davantage. J'avais surtout oublié de parler d'un caractère exceptionnel par rapport aux ascendants et aux descendants, ce qui est important à dire, attendu qu'un caractère nouveau qui se transmettrait par génération constituerait non plus une variété, mais une race.

Les caractères de variété peuvent être plus ou moins accusés. Ils varient depuis les traits individuels jusqu'à des phénomènes d'hémitérie qui touchent à la tératologie. Il y a là une limite indécise, difficile à préciser, mais qui, dans la pratique, est toujours appréciable. Remarquons enfin que toutes les parties de l'être peuvent s'accroître, s'amoindrir, se modifier, et que chacun de ces écarts du type initial constituera une variété. Donc chaque type peut, dans une espèce, donner lieu à une infinité de variétés.

Lorsque les caractères exceptionnels qui distinguent une variété végétale ou animale se transmettent par la génération, deviennent héréditaires, il se forme une *race*. C'est ce qui arriverait si un *Robinia spectabilis* venait à donner par semis des descendants sans épines, et si ces derniers se propageaient aussi par graines. Il en est de même pour la variété individuelle et non plus généagénétique.

L'idée de race repose donc sur un fait très-simple et peut se formuler facilement. La race est « l'ensemble des individus semblables appartenant à une même espèce, ayant reçu et transmettant par voie de génération les caractères d'une variété primitive. »

Dans la définition de l'*espèce*, l'idée de ressemblance est aussi affirmée, mais elle reste vague; il s'agit « d'individus *plus ou moins* semblables... ». En effet, les individus de même espèce ont toujours un fond commun; mais, comme dit Buffon, « les touches accessoires varient. » Dans la *race*, point de réserve à cet égard; car c'est la ressemblance même qui caractérise la suite d'êtres à laquelle nous donnons ce nom.

Vous voyez que, dans cette définition, la notion de famille disparaît. Nous verrons, en effet, que le père, la mère, les fils ou les filles peuvent être de races différentes.

En revanche, la notion d'origine, laissée indécise lorsqu'il s'agit de l'espèce, est ici précisée. Nous ne savons pas d'où vient l'espèce, nous savons que toute race provient d'une espèce préexistante.

Au reste, l'idée de la race est quelque chose de si *réel*, de si facile à saisir, que toutes les définitions paraissent se répéter et reviennent à peu près à la même. Voici celle de Buffon : « La race est une variété constante et qui se conserve par la génération. » C'est bien l'idée que j'ai exprimée dans ma définition, que j'ai voulu seulement rendre comparable à celle de l'espèce.

Je lis dans Richard, botaniste de l'école positive : « Il y a certaines variétés constantes et qui se reproduisent toujours avec les mêmes caractères par le moyen de la génération; c'est à ces variétés constantes qu'on a donné le nom de races. » Vous y retrouvez Buffon détaillé.

Voici enfin l'opinion d'Isidore Geoffroy : « La race est une collection ou une suite d'individus issus les uns des autres, distincts par des caractères devenus constants. » Cette définition ne contient pas le mot de variété, et c'est une lacune regrettable.

Ni Cuvier, ni Godron ne définissent la race; beaucoup d'autres naturalistes non plus. Nous verrons qu'il en résulte chez eux une indécision qu'il eût été bien aisé de faire disparaître.

Il ne s'agit ici, bien entendu, que des races proprement dites. Je réserve pour plus tard la question des races hybrides qui résultent du croisement de deux espèces; je vous démontrerai alors qu'il n'en existe pas.

J'ai tenu à vous donner une idée nette de ce qu'il faut entendre par *race*, puisque c'est sur ce mot et sur celui d'*espèce* que roulent la plupart des discussions anthropologiques.

Les races se rattachant à l'espèce par des variétés, on voit que leur nombre est aussi indéfini que celui de ces dernières. Il l'est plus encore. En effet, si toute variété du type primitif peut enfanter sa race primaire, celle-ci, à son tour, peut pré-

senter des modifications individuelles ou héréditaires. De là résultent, soit des variétés, soit des races secondaires ; et il est évident que le même fait se répétant, les divisions et les subdivisions de l'espèce peuvent se multiplier à l'infini.

A ce point de vue, on peut se représenter chaque espèce comme un arbre dont le tronc figure l'individu primitif avec ses caractères normaux ; les branches maîtresses, directement issues du tronc, représentent les races primaires, tandis que les rameaux et les ramuscules figurent les races secondaires, tertiaires, etc. Il y a variété toutes les fois qu'un bourgeon apparaît ; il y a race si le bourgeon n'avorte pas et produit un rameau.

Cette image a l'avantage de rendre saisissants les rapports qui existent entre l'espèce, la variété et la race. Elle montre bien que l'espèce se compose de la somme des variétés et des races, et que l'on ne peut, sans agir sur elle, agir sur une variété ou sur une race, comme on ne peut, sans toucher à l'arbre lui-même, en toucher un bourgeon ou une branche.

Supposons maintenant qu'une inondation ait couvert de couches alluviales tout le tronc de notre arbre. Le forestier qui ne verra sortir de terre que les branches maîtresses ne pourra, sans creuser autour d'elles, s'assurer qu'elles ne sont pas des troncs isolés. De même le naturaliste, en présence de races isolées, c'est-à-dire de plusieurs suites d'individus se perpétuant par génération avec plus ou moins de caractères communs, le naturaliste, dis-je, se demandera si cet ensemble constitue autant d'espèces semblables à certains égards, dissemblables à d'autres et faisant partie d'un même genre, ou si l'enfouissement d'une souche commune l'empêche seul de les rapporter toutes à un même type spécifique.

C'est en ces termes que se pose la question pour l'homme, et vous en voyez toute la difficulté. Il s'agit d'enlever une à une les couches qui peuvent cacher une bifurcation. Il eût été bien difficile d'aborder avant aujourd'hui un semblable travail. Il a fallu, en effet, le progrès des sciences et celui de l'*industrie* pour faire converger vers cette direction un ensemble de forces suffisant pour lever les difficultés de détail qui s'opposaient à la découverte d'une solution que l'intelligence humaine pût accepter comme fondée.

ÉTUDE DES RACES.

A notre point de vue actuel, la variété n'a d'intérêt que comme point d'origine de la race. C'est à celle-ci que nous devons toute notre attention. Nous avons d'abord constaté son existence. Sur ce point, l'expérience et l'observation de tous les jours ont donné lieu à un *consensus* universel. Mais nous devons chercher des notions plus précises, et nous demander d'abord comment apparait la race et dans quelles conditions d'existence faites à l'espèce elle peut se former. Sous ce premier rapport, nous devons considérer les végétaux et les animaux comme formant trois divisions.

1° { Végétaux sauvages n'ayant jamais été cultivés.
Animaux libres de père en fils sans avoir été asservis ni domestiqués.

2° { Végétaux cultivés depuis un temps plus ou moins long.
Animaux asservis ou domestiqués depuis un temps plus ou moins long.

3° { Végétaux sauvages, mais descendant d'ancêtres cultivés.
Animaux libres, mais descendant d'ancêtres asservis ou domestiqués.

A ces trois groupes correspondent trois catégories de races :

1° Races sauvages ou naturelles ;

2° Races artificielles domestiques, ou, plus simplement, races domestiques ;

3° Races artificielles devenues libres, ou, plus simplement, races libres.

Races sauvages ou naturelles.

On a nié l'existence des races sauvages ou naturelles dont les partisans de l'immutabilité de l'espèce trouvaient avec raison l'existence en désaccord avec leurs opinions. Constater leur existence est donc chose fort importante. En outre, c'est le seul moyen d'apercevoir quelques-unes des difficultés de la question générale et de les résoudre.

Les faits généraux suffiraient pour démontrer qu'il y a des races sauvages. D'où viendraient, si elles n'existaient pas, si chaque espèce était rigoureusement parquée dans un ensemble de caracactères indiscutables, d'où viendrait le cri de détresse poussé à la Société de Botanique par le comte Jaubert, dont le discours peut se résumer dans cette phrase bien significative : « Nous ne savons plus où commencent et où finissent les espèces végétales. » Certes, si les espèces étaient nettement séparées, l'homme n'aurait pas de peine à découvrir des limites tranchées et à circonscrire les espèces dans des sphères bien définies. Il n'en est malheureusement pas ainsi. Chaque jour le botaniste ramène à une seule espèce des groupes qui avaient été regardés comme autant d'espèces distinctes. Ceux qui les avaient séparés s'étaient fondés sur des caractères à la fois distinctifs et héréditaires ; mais une science plus avancée a montré qu'il n'y avait là que des caractères de race. On a reconnu que ces prétendues espèces se reproduisaient librement et indéfiniment entre elles ; on a constaté qu'entre leurs formes les plus extrêmes existaient des formes intermédiaires qui les réunissaient par nuances insensibles. Il a bien fallu les réunir.

IX

Races domestiques végétales.

Je vous ai entretenus des faits qui militent en faveur de la variabilité de l'espèce. Les variations individuelles ou héréditaires, dont nous avons donné de nombreux exemples, nous ont amenés aux idées si nettes de variété et de race. Abordant ensuite l'étude de la race, je vous ai dit qu'il convenait d'en distinguer trois sortes : races sauvages, races cultivées ou domestiques, races redevenues libres, et j'ai terminé en vous citant, dans le règne végétal et dans le règne animal, un certain nombre de faits destinés à prouver l'existence de races sauvages.

Nous avons à nous occuper maintenant des races domestiques.

Les races sauvages ont toute la valeur des faits naturels. Leur importance est grande, en ce qu'elles nous montrent que l'animal abandonné à lui-même, et dans les conditions les plus simples de son existence, subit des modifications considérables qui peuvent devenir héréditaires et constituer des races. Le phénomène est alors accompli par la nature seule, et ne relève par conséquent que de l'observation.

Les races domestiques, au contraire, se forment sous l'influence de l'intervention humaine, qui est volontaire lorsqu'elle tend à diriger les variations dans un certain sens, ou, d'autres fois, involontaire et inconsciente. Dans ce dernier cas, comme pour les races sauvages, il n'y a place que p

l'observation. Mais quand l'homme intervient volontairement avec un but et des procédés déterminés, le naturaliste s'appuie en outre sur l'expérience. Il y a donc deux ordres de faits, au lieu d'un seul, qui s'imposent à son attention. Les conditions dans lesquelles les hommes peuvent placer les végétaux et les animaux étant bien plus variées que celles qui résultent de l'action des forces naturelles, les races domestiques doivent être bien plus nombreuses que les races sauvages. Une autre conséquence importante de ce fait, est que les races domestiques doivent présenter entre elles des différences plus grandes. Ainsi l'action humaine les multiplie et les caractérise davantage. Je me borne pour le moment à cette observation, sur laquelle je reviendrai plus tard, lorsqu'il s'agira pour nous d'apprécier les limites de ces variations, et je vais, comme je l'ai fait pour les races sauvages, passer en revue les principales espèces végétales et animales qui fournissent des races domestiques, en insistant davantage sur quelques points spéciaux.

Je mets d'abord sous vos yeux deux tableaux qui résument certaines notions importantes, et dans lesquels sont énumérées les espèces domestiquées ou cultivées par l'homme, dont les races nous occuperont. Le premier se rapporte aux animaux. Je l'ai emprunté en entier à Is. Geoffroy. Il est très complet, et comprend même des espèces telles que la cochenille et l'abeille, qui ne sont pas, à proprement parler, domestiques.

Tableau des animaux domestiques (Isid. Geoffroy Saint-Hilaire).

ÉPOQUES de DOMESTICATION		PATRIES ORIGINAIRES													TOTAUX.
		Europe.			**Asie.**				**Afrique.**			**Amérique.**			
		Mammifères.	Oiseaux.	Insectes.	Mammifères.	Oiseaux.	Poissons	Insectes.	Mammifères.	Oiseaux.	Insectes.	Mammifères.	Oiseaux.	Insectes.	
TEMPS ANTÉ-HISTORIQUES.					Chien. Cheval. Ane. Cochon. *Chameau* *Dromad.* Chèvre. Mouton. Bœuf. *Zébu.*	Pigeons. Poules.		Ver à soie du mûrier.	Chat.						14
ANTIQUITÉ HISTORIQUE.	Époque grecque.		Oie.	*Abeille ligurienne.*		Faisan ordinaire Paon.				Pintade.					5
	Époque romaine.	Lapin.	Canard ordinaire.						Furet.						3
	Époque indéterminée.			Abeille ordinaire.	*Buffle.*										2
ÉPOQUE INCONNUE.			Cygne.		*Renne. Yak.*	Tourterelle à collier.	Cyprin doré. Carpe.				*Abeille d'Égypte.*	*Cochon d'Inde. Lama. Alpaca.*			10
TEMPS MODERNES.	Époque indéterminée.				*Arni. Gayal.*	Oie cygnoïde.		*Ver à soie du ricin. V. à soie de l'ailante.*						*Cochenille*	6
	XVIe siècle.									Serin des Canaries.			Dindon. Canard musqué.		3
	XVIIIe siècle.					Faisans doré, argenté, à collier.							Oie du Canada.		4
TOTAUX.......		1	3	2	15	9	2	3	2	2	1	3	3	1	47
		6			29				5			7			

Le second tableau est celui des principales espèces végétales cultivées en Europe, qui ont assez varié pour que leurs races se soient notablement éloignées du type primitif. Je l'ai dressé moi-même, après en avoir emprunté les éléments surtout à M. Godron; car, je vous le répète, me proposant de prouver la variabilité limitée de l'espèce, je demande de préférence mes exemples aux partisans de la fixité. Je suis plus sûr ainsi de ne pas en exagérer la valeur en faveur de la doctrine que je soutiens. J'ai aussi puisé des renseignements chez MM. Decaisne, Duchartre et Naudin.

Tableaux des quelques végétaux cultivés en Europe.

NATURE des espèces.	NOM DES ESPÈCES dont la source sauvage est connue.	PATRIE originelle.
PLANTES POTAGÈRES.	Raphanus sativus, *L*.	Asie.
	Brassica oleracea, *L*.	Europe.
	Brassica napus, *L*.	Id.
	Brassica rapa, *L*.	Id.
	Daucus carota, *L*.	Id.
	Apium graveolens, *L*.	Id.
	Apium petroselinum, *L*.	Id.
	Cynara cardunculus, *L*.	Id.
	Phaseolus communis, *L*.	Asie.
	Cucumis melo, *L*.	Id.
	Cucurbita pepo, *L*.	Id.
	Cucurbita moschata, *Buch*.	Id.
	Cucurbita melanosperma, *Braun*.	Id.
	Solanum tuberosum, *L*.	Amérique.
	Beta vulgaris, *L*.	Europe.
	Fragaria vesca, *L*.	Id.
CÉRÉALES.	Hordeum distichon, *L*.	Asie.
	Zea mays, *L*.	Amérique.
ARBRES FRUITIERS.	Ribes rubrum, *L*.	Europe.
	Prunus cerasus, *L*.	Asie.
	Prunus avium, *L*.	Europe.
	Prunus armeniaca, *L*.	Asie.
	Amygdalus communis, *L*.	Id.
	Amygdalus persica, *L*.	Id.
	Malus communis, *L*.	Europe.
	Pirus communis, *L*.	Id.

NATURE des espèces.	NOM DES ESPÈCES dont la source sauvage est inconnue.	PATRIE originelle.
PLANTES POTAGÈRES.	Lactuca sativa, *L*.	Europe ?.
	Allium cepa, *L*.	Id.
	Pisum sativum, *L*.	Id.
CÉRÉALES.	Triticum vulgare, *L*.	Asie ?.
	Secale cereale, *L*.	Id. ?
	Oryza sativa, *L*.	Id.
ARBRES FRUITIERS.	Vitis vinifera, *L*.	Asie.
	Prunus domestica, *L*.	Id. ?

Ce tableau est d'ailleurs fort incomplet. Il m'eût été facile cependant de multiplier les exemples. Si je n'ai pas voulu le faire, c'est d'abord parce qu'ils eussent été superflus, puis afin d'éviter des confusions possibles. Les mots de *variété* et de *race* ne sont pas toujours employés par les botanistes d'une manière suffisamment précise, et il en résulte une certaine indécision dans le langage. Le même terme s'applique tantôt à notre variété proprement dite, tantôt à ce que nous appelons la race, tantôt enfin à certains groupes plus ou moins étendus. J'ai donc choisi mes exemples parmi les végétaux à propos desquels le langage des botanistes est le plus explicite. Je me suis en outre borné à citer les espèces les plus vulgaires, qui sont aussi les plus importantes, et qui répondent aux espèces animales les plus utiles, et par conséquent les plus anciennement domestiquées.

Or, vous pouvez voir que, par un remarquable parallélisme, les végétaux et les animaux dont l'homme s'est servi tout d'abord comme aliments ou pour aides destinés à faciliter son existence, ceux qui ont pu déterminer son genre de vie, sont presque tous originaires d'Asie. Pour quelques-uns seulement, en très-petit nombre, cette provenance est encore l'objet de quelques doutes. D'un autre côté, l'Europe a fourni à l'homme peu d'animaux domestiques, et seulement des végétaux d'une utilité secondaire. C'est là un fait considérable que je me borne à vous signaler aujourd'hui, mais sur lequel je reviendrai plus tard, pour en tirer des conséquences importantes, lorsque j'aborderai la question de la première patrie de l'homme.

Occupons-nous pour le moment des races domestiques chez les végétaux.

Les plantes potagères sont pour la plupart annuelles et se reproduisent d'une manière normale, c'est-à-dire par graines, sans qu'on ait à employer les procédés généagénétiques. Aussi compte-t-on chez elles un grand nombre de races. En effet, toutes les fois qu'une variété lui a paru douée de caractères utiles, l'homme a cherché à la fixer, de manière à obtenir par l'hérédité une suite d'individus semblables, c'est-à-dire une race.

Dans le *Raphanus sativus*, l'homme s'est préoccupé de la racine. Aussi en connaît-on trois races : le radis à racine ronde, la rave à racine longue et le raifort à racine grosse et demi-ligneuse. On compte en outre quatre races secondaires principales de radis, cinq de raves et quatre de raiforts, sans parler des autres subdivisions, presque aussi nombreuses que les localités. Le *Raphanus sativus* existe à l'état sauvage en Chine et au Japon; chez nous, il le redevient par l'abandon; sa racine est alors grêle, coriace, immangeable. Elle a donc perdu toutes ses qualités utiles.

A la carotte (*Daucus carota*) l'homme a également demandé une modification de la racine. On distingue aussi dans cette espèce un très-grand nombre de races; mais elle est surtout intéressante par les expériences de Vilmorin, qui a transformé les carottes des plates-bandes en carottes sauvages, et ces dernières en carottes tout à fait mangeables. Je reviendrai sur ces expériences en parlant du mode de formation des races.

Le chou proprement dit présente des races encore plus nombreuses. Nous connaissons leur souche première : c'est le *Brassica oleracea* qui vient sur nos côtes. Transplantée dans des conditions très-différentes, cette espèce a donné 44 races principales, avec des subdivisions presque innombrables. L'homme a fait varier dans le chou la qualité des feuilles, des racines, des fleurs et des graines; il a su profiter de variations accidentelles pour fixer, par l'hérédité, ces caractères nouveaux, lorsqu'ils se trouvaient en même temps utiles. On compte 17 races principales de choux cabus, 6 de choux de Milan, 10 de choux verts. A l'une de ces dernières appartient le chou cavalier, qui a donné lieu, il y a quelques années, à la mystification de l'annonce d'un chou colossal de la Nouvelle-Zélande, dont un pied suffisait, disait-on, à la nourriture d'une vache. Cette nouvelle trouva des dupes, si bien que quelques graines furent vendues 5 francs chacune.

A côté de ces races, chez qui les feuilles surtout présentent des variations qui atteignent même leur coloration, on en trouve trois de choux-raves, où la racine du *Brassica oleracea* a été transformée, et onze de choux-fleurs ou de brocolis. Dans ces dernières, on a provoqué l'avortement incomplet des fleurs en

même temps que leur multiplication, et on les a obligées à se réunir, soit en une seule masse compacte et grenue, soit en bouquets.

Le même genre *Brassica* renferme deux espèces comprenant chacune deux races qui présentent une concordance remarquable des mêmes qualités utiles, pour les graines d'une part, pour les racines de l'autre. Ces deux espèces sont le *Brassica rapa* et le *Brassica napus*. A la première se rattache la navette, et à la seconde le *colza*, dont les graines servent également à faire de l'huile. Au *Brassica rapa* se rapportent aussi le navet et la rave, chez lesquels la racine est la partie utile, comme dans le *Rutabaga*, autre race du *Brassica napus*, dont la racine est employée pour l'alimentation des bestiaux.

Des séries parallèles analogues, avec des termes correspondants d'une espèce à l'autre, apparaissent encore mieux dans le genre courge. M. Naudin s'est convaincu, dans ses études sur l'hybridation, qu'il n'y avait pas chez les courges de races hybrides, et qu'il fallait distinguer trois espèces : le *Cucurbita pepo*, le *C. moschata* et le *C. melanosperma*. Or, ces trois espèces présentent dans leurs fruits des modifications analogues, c'est-à-dire qu'elles donnent trois séries, à termes excessivement nombreux, de fruits présentant les mêmes particularités de forme, fruits globuleux ou déprimés, ovoïdes, en turban, en serpent, en massue, en gourdes, lisses, tuberculeux, etc.

D'après le professeur Gaëtano Savi (de Pise), le haricot (*Phaseolus*), dont l'origine paraît être indienne, formerait huit espèces présentant aussi des séries parallèles avec des modifications analogues dans les fruits.

Le *Cinara carduncu|us* est une espèce européenne dont on connaît la souche sauvage en Espagne. Elle a produit plusieurs races de cardons dont les feuilles ont des nervures que l'on mange, cardons épineux ou glabres, à pétiole plus ou moins écailleux ou hérissé. L'artichaut en dérive également avec ses formes innombrables, dans lesquelles c'est l'involucre des graines que l'on s'est attaché à améliorer et à diversifier. Le type primitif était épineux comme le cardon, et l'on trouve encore un petit nombre de races présentant ce caractère. Les races d'artichaut sont très-nombreuses : on en compte sept principales, depuis l'artichaut énorme, que l'on vend en si grande quantité à Paris, jusqu'à l'artichaut du Midi, petit et délicat, qui peut se manger cru et en entier.

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) est originaire des Cordillères. On en connaît des variétés nombreuses, caractérisées par la couleur des fleurs, la forme des feuilles, celle des racines, leur couleur et la quantité d'amidon qu'elles renferment. Mais la pomme de terre se propage par des procédés généagénétiques, qui consistent à mettre en terre des fragments de tubercules. Aussi le nombre des races est-il peu considérable. Cependant, depuis la maladie qui sévit sur cette plante, on a essayé de la reproduire par semis, et l'on a réussi à fixer certaines variétés.

Les céréales, dont nous ne connaissons pas les souches sauvages, présentent un très-grand nombre de races, parce qu'on les sème tous les ans. Ces races sont essentiellement domestiques, et, lorsque l'homme cesse de leur donner des soins, elles disparaissent rapidement.

Le froment (*Triticum vulgare*) présente, au moins, 200 races caractérisées par la qualité et la grosseur du grain, par la forme et la structure de l'épi.

Le fraisier a été l'objet de quelques observations intéressantes. Longtemps on n'a cultivé en Europe que des fraisiers paraissant provenir du fraisier des Alpes (*Fragaria vesca*). Il s'en formait d'ailleurs peu de races, car c'est au moyen de ses longs filaments ou stolons qu'on le reproduisait. Cependant on connaît deux races de ce fraisier européen, l'une donnant des fruits à chair blanche, l'autre dépourvue de stolons. Plus tard l'attention s'est portée sur le fraisier d'Amérique. On a cru d'abord qu'il en existait trois espèces, que l'on distinguait d'après leur provenance ; mais on s'est vite aperçu que ces prétendues espèces se croisaient et se fondaient les unes dans les autres. Il ne s'agissait donc que de trois races ayant pour type commun le *Fragaria chilensis*. Quant à la question de savoir si ce fraisier est originaire du nouveau continent, ou bien s'il provient de l'espèce européenne qui aurait été transportée au Chili et s'y serait modifiée, elle n'est pas encore tranchée.

Je ne m'étendrai pas sur nos arbustes et fleurs d'ornement. Le plus souvent c'est par boutures et greffes qu'on les multiplie. Cependant ils forment aussi quelques races.

Je passe immédiatement aux arbres fruitiers. Ici encore on emploie le plus souvent des procédés généagénétiques pour fixer des variétés plus ou moins accidentelles, et, dans ce cas, il ne saurait être question de races ; mais les semis que l'on fait aussi en ont produit de véritables. A ne tenir compte que des variétés, tout peut varier, les fruits, les fleurs, l'écorce, les feuilles, les épines, qui ne sont autre chose que des rameaux avortés, et qui, tantôt grandes, tantôt petites, manquent souvent tout à fait. Je me bornerai à parler du fruit.

Nos cerisiers devraient, d'après certains auteurs, être rapportés à quatre espèces différentes que la culture aurait subdivisées en races nombreuses. Voici les quatre espèces : le cerisier ordinaire (*Prunus cerasus*), originaire d'Asie, et qui paraît en avoir été rapporté par Lucullus ; le merisier (*Prunus avium*) d'Europe ; puis le bigarreautier (*Pr. duracina*), et le guignier (*Pr. juliaria*), dont on ne connaît pas l'origine. D'après Knight, il n'existerait que deux souches, le *Pr. cerasus* et le *Pr. avium*, dont le *Pr. duracina* et le *Pr. juliaria* ne seraient que des races. Quelques variétés de cerisiers ont été l'origine de races proprement dites : ainsi j'ai vu dans le Midi l'aigriotier, qui se reproduit librement en plein champ, et qui n'est ni le merisier, ni le cerisier ordinaire.

Le prunier ordinaire (*Prunus domestica*) a été étudié par M. Duchartre. M. Seringe admet neuf divisions bien tranchées et plus de cent variétés principales. Plusieurs de ces dernières sont devenues des races. Ainsi M. Sageret a réussi à reproduire par semis la reine-Claude, le perdrigon blanc, la prune de Sainte-Catherine, la prune de Damas. Ces résultats ont été confirmés par des expériences faites en grand par un Anglais, M. Rivers. Il a semé vingt boisseaux de noyaux de reine-Claude, et a obtenu des individus présentant dans le fruit, les feuilles et l'écorce les caractères principaux du type reine-Claude. La même chose est arrivée pour la prune de Damas. Enfin M. Rivers a obtenu par semis 80 000 descendants d'un prunier bien connu en Alsace sous le nom de *Quetch* : tous étaient identiques avec la variété mère. Cela est d'autant plus remarquable, qu'en Alsace la quetch a plusieurs sous-races. On a obtenu des races semblables pour la petite mirabelle, qui, elle aussi, présente des sous-races stabilisées.

Le pêcher (*Amygdalus persica*) présente cinquante variétés principales. Un certain nombre sont devenues héréditaires : telles sont la pêche de Tullins et la passègre.

L'attention a été en dernier lieu tout particulièrement ap-

pelée sur le fait de l'existence de races chez les pêchers, depuis que l'on s'est demandé si cet arbre fruitier n'appartenait pas à une espèce ayant l'amandier pour type. Darwin cite deux faits à l'appui de cette opinion. M. Leuzet greffe en 1863 le pêcher-amandier sur un pêcher ordinaire; en 1864, la greffe ne produit que des amandes; en 1865, il n'y a plus d'amandes, mais six pêches semblables à celles que portait le reste de l'arbre.

M. Carrière possédait un amandier double qui avait toujours produit des amandes. En 1863 et 1864, il lui donna des fruits sphériques et charnus rappelant la pêche. A partir de 1865, l'arbre reprit sa production ordinaire.

J'ai peu de chose à dire du pommier. On en connaît deux souches qui se trouvent en France, le *Malus communis* et le *Malus acerba*. Cependant M. Godron n'admet que la première. C'est d'ailleurs par centaines que se comptent les variétés; mais un petit nombre seulement se reproduisent par semis. On connaît pourtant quelques races américaines.

Quant au poirier (*Pirus communis*), qui a certainement une souche unique, Duhamel en comptait, au siècle dernier, cent variétés. Aujourd'hui le catalogue de la Société d'agriculture de Londres élève ce nombre à six cents. A une certaine époque, M. Decaisne était porté à croire qu'il existait plusieurs espèces de poiriers; mais les études qu'il a faites au Muséum sur des plants nombreux l'ont amené à rapporter à un seul type spécifique les races dont il avait fait d'abord des espèces.

La vigne présenterait, suivant certains auteurs, plusieurs espèces. Cependant certains partisans de la variabilité n'en admettent qu'une, le *Vitis vinifera*, originaire d'Asie. Quant aux variétés, le comte Odart, dans son *Ampélographie universelle*, en compte environ mille. La plupart des cépages se reproduisent par boutures. Il y a donc peu de races; pourtant certaines variétés se perpétuent par semis. Sageret a semé le chasselas et a obtenu le même type. Vibert aussi; mais ce dernier a remarqué de plus que, dans les jeunes plants, les feuilles laciniées disparaissaient. Elles ne constituent donc pas chez le *chasselas* un caractère d'espèce, mais seulement un caractère de race. Ce fait est confirmé par un exemple frappant que j'emprunte à Roxas Clemente. Il rapporte qu'il existe en Andalousie, à Algaïda de San-Lucar, une vraie forêt de vignes redevenues sauvages, forêt présentant les accidents pittoresques de celles que forment les lianes du nouveau monde, et où se reconnaissent très-bien les cépages différents cultivés dans le voisinage. Sans doute il faut voir là quelque chose d'analogue à ce que nous dirons des poiriers et des pommiers lorsque nous aurons à parler des espèces redevenues libres. Dans le midi de la France, on trouve aussi, sous le nom de *Lambruscos*, la vigne repassée à l'état sauvage.

J'ai été très-bref relativement aux végétaux. En effet, quand il s'agit de se préparer à l'étude de l'homme, les plantes ne sont qu'un type de comparaison secondaire, et l'importance des observations faites sur elles n'est vraiment grande que pour montrer l'universalité des lois de l'empire organique. Cette étude rapide nous autorise pourtant à conclure dès à présent que, chez les végétaux, l'espèce peut varier considérablement et enfanter de nombreuses races.

Races domestiques animales. — Invertébrés, Poissons et Reptiles.

J'insisterai davantage sur les espèces animales domestiques. Elles sont moins nombreuses, mais aussi plus importantes, parce qu'il nous sera permis de conclure plus directement d'elles à l'homme. En effet, l'organisation des animaux, même les plus inférieurs, se rapproche de la nôtre, en ce sens que les grandes fonctions sont identiques. Dès que nous arrivons aux mammifères, nous rencontrons, sauf des différences morphologiques plus ou moins grandes, les mêmes organes avec les mêmes fonctions de détail. Entre eux et l'homme, la comparaison pourra donc porter non-seulement sur l'action des lois générales, mais se poursuivre dans les détails anatomiques et physiologiques.

Cela même nous impose le devoir d'examiner avec détail une question qui touche à toutes ces espèces. Nous aurons à comparer plus tard les races animales aux groupes humains. Pour pouvoir le faire légitimement, nous devons nous assurer tout d'abord que les formes si différentes que présentent entre eux divers animaux domestiques, auxquels nous sommes habitués à donner le même nom, constituent autant de races et non point autant d'espèces. Autrement dit, nous devons nous demander quels sont les groupes d'animaux que nous pouvons comparer aux branches d'un même tronc, au lieu de voir en eux autant de troncs isolés. Or, nous n'atteindrons pas ce but sans nous être rendu compte de la filiation des races. Elle sera parfois difficile à établir, parce que la souche première nous sera inconnue; mais alors l'analogie nous guidera.

Si nous commençons par le dernier échelon, nous constatons qu'aucun zoophyte ni aucun mollusque ne peut être considéré comme domestiqué. L'huître est seulement parquée. Il en est de même d'une espèce d'escargot, l'*Helix pomatia*, auquel on fait acquérir, grâce à une nourriture particulière, une grosseur exceptionnelle. Toutefois l'*Helix lactea*, transportée d'Espagne en France, a diminué de taille; portée en Amérique, elle est aussi devenue plus petite, et a de plus changé de couleur. Cette espèce a donc enfanté au moins une véritable race.

Chez les insectes, un seul est domestiqué. Ce n'est point l'abeille, à qui l'homme ne fait qu'offrir un abri commode dont elle profite en conservant toute son indépendance et ses mœurs natives. Les races que présente cette espèce sont en réalité des races sauvages que l'on sait fort bien distinguer en Allemagne, où l'apiculture est extrêmement développée. Le seul insecte vraiment domestiqué est le ver à soie, ou *Bombyx Mori*. Il en est fait mention dans les lois de Manou; les Aryans le connaissaient. Mais le *Chou-king* nous donne une date tout à fait exacte, en nous apprenant que la soie était connue de Fou-hi, c'est-à-dire 3400 ans avant notre ère. Il est probable seulement que l'on se bornait alors à recueillir les cocons faits par des vers sauvages pour en tirer, sans même les dévider, une espèce de filosèle.

Sous Hoang-ti, 2650 ans avant Jésus-Christ, Si-ling-chi, épouse du premier rang de l'empereur, invente l'art d'élever les vers, de filer la soie et d'en faire des tissus. En reconnaissance de cette source de richesses qu'ils lui devaient, les Chinois déifient leur impératrice sous le nom de *Tien-thsan*, ou *la première qui a élevé les vers à soie*, et consacrent son culte par une cérémonie annuelle. A époque fixe, l'impératrice, vêtue de vêtements neufs et suivie de ses femmes, s'adonne à la culture du ver à soie, après avoir offert à Tien-thsan des sacrifices particuliers. Nous avons une date encore plus précise. Sous Yu, 2286 ans avant Jésus-Christ, on fit de grands travaux pour réparer les désastres causés par le déluge de Iao. Il y

eut des digues à relever, et ce fut alors, ajoute l'historien chinois, que l'on put replanter les mûriers.

Quoi qu'il en soit, il n'y a pas le moindre doute sur l'unité d'espèce des vers à soie. Les races qui en existent sont cependant nombreuses, bien que la plupart soient probablement encore inconnues, puisqu'il a fallu la maladie qui afflige les contrées séricicoles, et particulièrement celles du midi de la France, pour en révéler plusieurs des moins éloignées, d'Asie Mineure et de Turquie. Ces races sont très-distinctes. Il est à remarquer que, très-différents à certains égards, les vers à soie se ressemblent tous sous d'autres. Les larves présentent des caractères extrêmement variables. Les vers chinois sont petits, coureurs, avec des allures encore mi-sauvages; les vers de l'Asie Mineure ont un tiers de taille en plus; leur couleur varie : ils sont blancs, bleuâtres, annelés, pointillés ou zébrés.

Rien n'est donc plus changeant que leur livrée ; mais les papillons sont tous presque semblables. Sauf la taille, qui peut différer, ils ont à très-peu près même coloration et mêmes proportions. Les divergences reparaissent dans les cocons, dont la forme et la couleur sont très-variables. Ils sont globuleux ou allongés, d'autres fois étranglés ; tantôt d'un blanc magnifique, comme ceux de Valleraugue et de Bourg-Argental, tantôt jaunes, rougeâtres, verdâtres, dorés, ou couleur nankin. Le sang des larves présente aussi des colorations très-diverses : il est incolore ou verdâtre, parfois jaune plus ou moins foncé, et ces différences paraissent répondre aux colorations diverses des cocons.

Les papillons ont tous perdu la faculté du vol. Chez nous, leur reproduction normale est annuelle. Cependant nous avons en France et en Italie des races qui se reproduisent jusqu'à trois fois dans l'année. Le nombre des mues ou métamorphoses change alors, et de quatre qu'il est chez les vers ordinaires, il se réduit à trois et peut-être à deux chez les trivoltins.

Les poissons ne m'occuperont pas beaucoup. La carpe, originaire de Perse, est plutôt acclimatée chez nous que domestiquée. Cependant ses proportions et sa taille ont quelque peu varié. Il n'y a qu'une espèce de poisson qui soit, à proprement parler, domestique, encore ne l'est-elle pas chez nous : c'est le *Cyprinus auratus*, ou poisson rouge, assez peu étudié en France, mais dont les Chinois s'occupent au contraire beaucoup, comme nous le faisons des oiseaux d'agrément de nos volières. Il y en a de très-nombreuses variétés, et l'empereur de la Chine a le privilége de les posséder toutes. Nous ignorons toutefois jusqu'à quel point ce sont autant de races distinctes.

Il n'y a pas une seule espèce domestique de reptiles. La tortue grecque de nos jardins est seulement en captivité.

Il en est autrement chez les oiseaux, qui nous offriront plusieurs exemples d'un haut intérêt. Je réserve pour ma prochaine leçon l'étude de leurs espèces domestiques.

ARM. ANGLIVIEL.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS.

M. COSTE.

L'observation et l'expérimentation en physiologie.

Je viens demander à l'Académie un moment d'attention afin de lui présenter quelques remarques à l'occasion d'un récent écrit sur les progrès de la physiologie générale en France, dans lequel notre confrère M. Claude Bernard, séparant l'observation de l'expérience, expose une doctrine qui, heureusement pour la grandeur de la science, n'est conforme ni à la nature des choses ni à la vérité de l'histoire. M. Claude Bernard soutient en effet que, vouées par essence à la contemplation pure, les sciences d'observation ne sauraient, en aucun cas, devenir *explicatives* des phénomènes de la vie, ni par conséquent conquérantes de la nature vivante, double privilége exclusivement réservé, suivant lui, aux sciences expérimentales. Je cite textuellement afin qu'on ne puisse m'accuser d'avoir altéré, en la traduisant dans un autre langage, la philosophie de l'auteur :

« Toutes les sciences naturelles sont des sciences d'observation, c'est-à-dire des sciences contemplatives de la nature, qui ne peuvent aboutir qu'à la prévision. Toutes les sciences expérimentales sont des sciences explicatives, qui vont plus loin que les sciences d'observation qui leur servent de base, et arrivent à être des sciences d'action, c'est-à-dire des sciences conquérantes de la nature. Cette distinction fondamentale ressort de la définition même de l'observation et de l'expérimentation. L'*observateur* considère les phénomènes dans les conditions où la nature les lui offre ; l'expérimentateur les fait apparaître dans des conditions dont il est le maître. » (Claude Bernard, *Rapport sur les progrès et la marche de la physiologie générale en France*, p. 132.)

Certes, quand je prends soin de relever ici les immenses services que, comme sciences explicatives et conquérantes de la nature vivante, les sciences d'observation rendent chaque jour et ont toujours rendus à la physiologie générale, il ne viendra à l'esprit de personne de me soupçonner d'ingratitude envers les sciences expérimentales. Vingt-cinq années d'enseignement dans la chaire d'embryogénie comparée et dans un laboratoire où je fais assister mes auditeurs aux plus délicates expériences tendant à leur expliquer, dans la mesure des connaissances acquises, les lois du développement de la vie, me mettent à l'abri de ce soupçon. Je pourrais même ajouter, comme témoignage de mon penchant vers les sciences expérimentales, que les deux premiers grands laboratoires organisés en Europe pour l'étude de la vie en action ont été créés par mon initiative, l'un au Collége de France, et l'autre à Concarneau, sur les bords de l'Océan.

Mais l'étude des lois du développement de la vie ne demande à l'expérience seule de lui révéler les mystères de la création que dans le cas où ils se dérobent à l'œil de l'observateur. Partout où le regard peut les atteindre, elle n'a besoin d'aucun artifice pour contraindre l'organisation à les lui manifester, puisqu'elle voit ce qu'elle cherche.

C'est pour n'avoir pas tenu un compte suffisant des données fondamentales que fournit l'embryogénie, et pour avoir écarté celles qu'on peut emprunter à l'histoire naturelle et à la pathologie, si féconde en explications des fonctions du système nerveux, que, sous le titre le plus général, M. Claude Bernard aboutit à une physiologie si restreinte, qu'il la distingue de la physiologie comparée elle-même, car il dit, dans son travail, que « la physiologie comparée fournit des lumières à la physiologie générale », comme si la physiologie comparée était autre chose que la physiologie générale ! Cela posé, je donne la preuve que les sciences d'observation sont au même degré que les sciences expérimentales, mais avec plus de certitude, explicatives des phénomènes de la vie et conquérantes de la nature vivante, et que, par conséquent, contrairement au sentiment de M. Claude Bernard, la physiologie générale est à la fois une science naturelle, c'est-à-dire d'observation, et une science expérimentale.

Lorsque le naturaliste cherche à découvrir comment il peut se faire que, dans une ruche, il n'y ait jamais qu'une seule femelle pondeuse, la reine, ayant au service de son gouvernement une armée de femelles stériles, les ouvrières, qui, après les noces de la reine qu'un seul accouplement féconde pour toute la durée de sa vie, massacrent les mâles désormais inutiles, se vouent sans trêve à l'éducation des nouveau-nés et à la fabrication du miel ; lorsque, dis-je, le naturaliste cherche la raison de ces singuliers instincts et de cette admirable organisation du travail, il la trouve dans une pratique au moyen de laquelle les ouvrières font déve-

[illegible] ou avorter à leur gré les organes de la génération des larves confiées à leurs soins. Cette pratique consiste à n'offrir à la reine, pour le dépôt de ses premiers œufs qui sont tous femelles, sauf la grande cellule réservée à l'héritière du trône, que d'étroits alvéoles où les larves sorties de ces œufs, ne rencontrent ni la nourriture ni l'espace suffisants pour leur régulière et [illegible] métamorphose, contractent, sous l'empire de conditions défavorables, une difformité qui les prive de la plus importante fonction de l'animal parfait, celle de la maternité, et fait ainsi concourir leurs instincts au profit de l'œuvre commune. La preuve que c'est bien à l'influence physico-physiologique de ce milieu organisé avec une sorte de préméditation qu'il faut attribuer la création de cette population d'eunuques, c'est que, lorsque la reine meurt, les ouvrières, inquiètes des périls de l'anarchie, se hâtent d'élargir l'une des alvéoles où un œuf en voie d'incubation aurait certainement donné une femelle stérile s'il fût resté dans les mêmes conditions, mais dont elles font sortir une femelle féconde en administrant à la larve une plus copieuse nourriture. Devant ces attachantes scènes de la vie en action, l'observation pure permet donc ici au naturaliste d'expliquer les merveilleux phénomènes dont il est témoin.

Quand, sous la lentille du microscope, je vois, dans un embryon de poisson, le cœur, dont les parois ne sont encore formées que de cellules contractiles transparentes, lancer à chaque pulsation, le sang dans toutes les parties de l'organisme et le ramener dans sa cavité, pour lui faire, par cette seule impulsion, parcourir incessamment le même cercle, je n'ai besoin d'aucune expérience pour comprendre et expliquer, à cet âge, le mécanisme de la fonction.

Quand j'observe sur le trajet de l'artère caudale de la larve du homard le jeu du sphincter, à l'aide duquel le jeune animal mesure, gradue et proportionne au progrès du développement des organes postérieurs la quantité de sang dont il les arrose, je n'ai qu'une manière d'arriver à la connaissance de ce curieux mécanisme, c'est de le voir en exercice.

Lorsque je démontre, par des autopsies suffisamment répétées, que, chez la femme, la fonction de l'ovaire, c'est-à-dire la maturation d'un ovule microscopique dans une vésicule de de Graaf dont il tend à provoquer la rupture, est cause déterminante de la puberté; et que, sous l'impulsion à distance de ce travail occulte périodique, la muqueuse utérine subit tous les mois une évolution correspondante ou sympathique, source intermittente du flux cataménial, je mets en évidence, par les seules lumières de l'esprit d'observation, une des plus importantes lois et une des plus admirables harmonies de la nature vivante.

Enfin, lorsque j'assiste aux premiers actes de la vie prenant possession de la matière pour l'entraîner à la création d'un être nouveau, et que je vois la substance granuleuse destinée à cette création se séparer dans l'œuf en segments sphéroïdaux sans structure apparente; puis chacun de ces segments, simple résultat de la coalescence de granules autour d'un centre, se convertir en cellules par coagulation de sa couche superficielle; puis toutes ces cellules se ranger par ordre comme les pierres d'un édifice, se nourrir et se développer par assimilation de leur contenu, se multiplier par scission à la manière des organismes inférieurs, former la trame organisée qui va se transfigurer en embryon; quand je vois toutes ces merveilles, non-seulement je comprends comment des éléments façonnés par une première élaboration se coordonnent pour réaliser des formes définies, mais encore comment chaque cellule grandit, puisqu'elle absorbe son contenu; comment le blastoderme se développe par addition intercellulaire des cellules nouvelles produites par segmentation des cellules originellement constituées. Tous ces actes de la vie qui touchent à la plus fondamentale fonction, celle de la nutrition, se déroulent sous l'œil de l'observateur, qui n'a besoin, pour les saisir, que d'un seul secours, celui d'un instrument grossissant. Les sciences d'observation sont donc explicatives de la nature vivante, comme le sont les sciences expérimentales.

Les sciences d'observation sont-elles conquérantes de la nature vivante? Je pourrais répondre d'un seul mot, par l'affirmative, à cette question et dire: Les sciences d'observation ont accompli, dans le cours des siècles, le plus grand acte de prise de possession de la nature vivante en faisant passer les espèces utiles de l'état sauvage à l'état domestique, et en détruisant autour d'elles la concurrence vitale des espèces nuisibles. Mais la simple énumération de quelques-unes de leurs conquêtes donnera à la démonstration un caractère d'irréfutable précision.

Plus de cinq siècles avant notre ère, dans les plaines de la vieille Assyrie, où le dattier était devenu l'objet de grandes exploitations, non-seulement à cause de l'excellence de son fruit sucré, mais aussi pour le miel et le vin qu'on savait en extraire, les Babyloniens avaient parfaitement reconnu que, dans ce genre d'arbres, les sexes étaient séparés sur des individus distincts, et que la poussière séminale, portée par le vent, tombait dans le calice des fleurs femelles, dont elle opérait la fécondation. Cette observation les conduisit à une pratique agricole qui doubla le produit de leur industrie. Ils comprirent en effet qu'ils pouvaient supprimer tous les sujets mâles de leurs plantations et leur substituer des arbres à fruit, sous la condition d'aller tous les ans, comme le font encore les Arabes de nos jours, chercher dans les forêts vierges les régimes fleuris des palmiers sauvages pour en utiliser le pollen. Cette pratique devint ainsi, aux mains de ces cultivateurs, un puissant moyen de multiplication de la récolte.

Vers la fin du siècle dernier, lorsque Jacobi, transportant dans un vase rempli d'eau ce qu'il avait vu s'accomplir sur les frayères naturelles pendant les pariades des salmonidés, eut opéré la fécondation en exprimant successivement dans le liquide les œufs d'abord, la laitance ensuite, comme le font les femelles et les mâles dans un fleuve, il ne mit pas seulement au service de l'industrie une méthode pour la multiplication indéfinie des espèces utiles à l'homme, pour le croisement forcé des races, la production des hybrides; il créa, pour la physiologie, un instrument nouveau d'investigation qui lui permit de rendre visible le contact des deux substances dans l'acte de la génération, de suivre pas à pas l'influence matérielle de ce contact, et d'établir, par l'observation directe, que l'imprégnation est le mélange de ces deux substances. Ce fut en effet vers la solution de ces problèmes que se dirigèrent les efforts des observateurs témoins de cette nouveauté, la plus étonnante peut-être depuis que l'homme se livre à l'étude de la nature. Comme les physiciens et les chimistes qui étudient la matière brute et les réactions des éléments dont elle se compose, les physiologistes se trouvèrent désormais, grâce à cette découverte, en mesure de séparer dans des récipients les diverses parties de la semence, de les appliquer isolément l'une après l'autre sur les œufs, et de déterminer, par voie expérimentale, si l'une d'elles n'était pas exclusivement investie d'un privilége dont les autres ne seraient qu'un moyen accessoire de transmission, ou bien si elles ne se confondraient pas toutes dans un même acte et dans une même œuvre. Mais l'instrument d'investigation qui donne à l'homme ce pouvoir sur la vie, c'est à une étude d'histoire naturelle que la physiologie en est redevable.

Quand, en Écosse et en Irlande, les naturalistes eurent constaté qu'aux époques de la reproduction, le saumon remontait toujours vers les sources pour déposer sa progéniture en des eaux limpides, et que, parvenu au pied des cataractes infranchissables, il essayait inutilement de passer outre, on réduisit, pour favoriser cet instinct, les grandes chutes en une série de cascades de hauteur égale à celles que l'animal voyageur avait pu franchir avant d'arriver jusque-là, le conduisant ainsi, à l'aide de ces échelles, dans des rivières supérieures où il n'avait jamais existé et qui en sont peuplées maintenant. Une simple étude des instincts de cette espèce précieuse l'a placée sous l'empire de l'homme, qui la dirige, à son gré, comme il dirige un animal domestique. Les sciences d'observation sont donc conquérantes de la nature vivante, au même titre que peuvent l'être les sciences expérimentales.

M. Claude Bernard dit, avec raison, que l'anatomie n'est qu'une des nombreuses sciences auxiliaires de la physiologie. On

pourrait, avec tout autant de fondement, dire que la physiologie expérimentale n'est elle-même qu'un des auxiliaires des sciences d'observation, et dans beaucoup de cas, qu'un simple moyen de contrôle.

Ainsi, par exemple, quand l'observation directe m'a appris que chez les Mammifères la fécondation n'est pas un phénomène instantané, mais qu'il faut aux molécules fécondantes dix heures environ pour arriver jusqu'à l'ovaire où se fait l'imprégnation, je sais d'avance qu'en plaçant une ligature vers le milieu de la trompe cinq ou six heures après l'accouplement j'empêcherai le phénomène de s'accomplir. Or, quel sera ici le rôle de l'expérimentateur qui intercepte le passage? Il se bornera simplement à contrôler ce que l'observation directe avait déjà démontré.

Donc vouloir, comme l'a tenté M. Claude Bernard, séparer l'observation de l'expérience, qui n'est qu'un des moyens d'investigation de l'observation, est une entreprise contraire à la nature des choses, et qu'une saine philosophie ne saurait admettre. Les auteurs du *Dictionnaire de l'Académie française* n'ont pas commis cette faute, quand ils ont défini l'esprit d'observation : *savoir remarquer les causes et les effets des phénomènes*. Or des sciences qui tiennent compte des causes et des effets des phénomènes sont, par cela même, des sciences essentiellement explicatives et conquérantes de la nature.

M. CLAUDE BERNARD.

En entendant la lecture que M. Coste vient de faire devant l'Académie, j'avoue que je n'ai pas compris sur quoi sont fondées les critiques qu'il m'adresse. Aussi n'aurai-je que peu de choses à dire.

M. Coste, d'un côté, ne trouve pas de différence entre l'observation et l'expérience, et cependant, d'autre part, il en parle comme de deux choses distinctes, qu'il ne définit pas, il est vrai. Il résulte de là une confusion complète, et toute son argumentation consiste à citer des *expériences* auxquelles il donne le nom d'*observations*, et *vice versa*.

Quant aux faits, les sciences d'observation ne se séparent réellement pas des sciences d'expérimentation; c'est seulement la méthode d'investigation qui se modifie. Toutes les sciences commencent nécessairement par l'observation simple et contemplative ; ce n'est qu'après avoir constaté les faits qu'on en cherche l'explication, en les rapprochant d'autres faits qui s'y rattachent ou qui en découlent. Tant que l'observation simple des phénomènes, faite dans les conditions naturelles, est possible, nous la poursuivons ; quand nous l'avons épuisée, nous recourons à des moyens artificiels : nous armons et nous amplifions nos sens à l'aide d'instruments divers pour pénétrer dans l'intérieur des corps afin d'y observer des phénomènes qui nous sont naturellement cachés. Nous ne nous bornons plus à observer les phénomènes tels que la nature nous les offre et en les attendant du hasard, mais nous les provoquons et nous en faisons même apparaître de nouveaux, dans des conditions déterminées dont nous nous rendons maîtres, et que nous faisons varier suivant l'idée expérimentale préconçue qui nous dirige. Alors nous faisons réellement des expériences ; toutefois les faits dont nous créons ou provoquons ainsi expérimentalement l'apparition ne diffèrent pas au fond des faits d'observation. J'ai défini ailleurs l'expérience *une observation provoquée*, ce qui veut dire en d'autres termes qu'elle ne s'est pas présentée spontanément ou naturellement (*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 35 et suivantes). Mais pour obtenir convenablement ces expériences destinées à vérifier ou à juger les hypothèses que nous formons sur les causes prochaines des phénomènes, nous nous guidons d'après les principes de la méthode expérimentale, dont M. Coste ne paraît tenir aucun compte. Tout le génie de l'expérimentation consistera donc à déterminer l'apparition d'un fait d'observation, dans les conditions où il sera le plus propre à éclairer le problème scientifique dont il cherche la solution ; sous ce rapport, l'esprit d'observation et l'esprit expérimental se rapprochent et se confondent, parce que l'observation et l'expérience se retrouvent dans les deux ordres de sciences, mais dans un ordre différent de subordination.

Dans les êtres organisés, nous ne pouvons arriver à l'explication des phénomènes de la vie que par la connaissance des propriétés de tissus ou d'organes qui sont en général cachés à nos regards et inaccessibles à la simple observation. Ici l'observation ne suffit pas, et nous nous trouvons obligés de recourir à l'expérimentation, qui va plus loin dans l'étude des phénomènes, en nous faisant pénétrer dans le milieu intérieur des organismes complexes.

L'expérimentation physiologique perfectionnée réalise chaque jour des découvertes qui ne seraient pas possibles sans elle. C'est pour cela que cette science accomplit des progrès surprenants, qu'il n'est heureusement au pouvoir de personne d'arrêter. La physiologie expérimentale est donc une science moderne marchant en avant à la conquête des connaissances qui nous restent à acquérir sur les mécanismes des divers phénomènes de la vie.

Chaque science se distingue par la nature du problème spécial qu'elle poursuit ; mais, en outre, les sciences expérimentales se caractérisent par ce fait qu'elles se rendent maîtresses (scientifiquement et pas seulement d'une manière empirique) des conditions dans lesquelles se manifestent les phénomènes de la nature. C'est en ce sens qu'elles sont plus actives et plus conquérantes que les sciences d'observation qui poursuivent d'ailleurs d'autres problèmes. Je considère la physiologie comme une science expérimentale se séparant, sous ce rapport, des sciences naturelles d'observation. En effet, il y a pour le moment deux grands groupes de sciences : les unes éminemment expérimentales, telles que la physique, la chimie et la physiologie ; les autres, beaucoup plus essentiellement d'observation, telles que la géologie, la zoologie et la botanique proprement dites.

L'astronomie est une science d'observation, parce qu'il nous est impossible de nous rendre maîtres des conditions dans lesquelles se passent les phénomènes astronomiques. C'est l'opinion de Laplace quand il dit : « Sur la terre, nous faisons varier les » phénomènes par des expériences ; dans le ciel, nous déterminons avec soin ceux que nous offrent les mouvements célestes. » (Laplace, *Système du monde*, chap. II.)

M. DAUBRÉE.

La géologie vient d'être prise comme exemple d'une science purement d'observation. Il convient de remarquer qu'après s'être en effet bornée à l'observation simple de la nature, elle est entrée dans la voie expérimentale dès le commencement de ce siècle. On sait comment sir James Hall, cherchant à contrôler les idées théoriques que Hutton, son maître, venait de déduire si hardiment de ses persévérantes observations dans les montagnes de l'Écosse, recourut aux procédés expérimentaux. Il fit à ce sujet deux séries d'expériences qui sont devenues classiques, l'une explicative du contournement des strates, l'autre de la cristallisation de la craie sous la double influence de la chaleur et de la pression.

Depuis lors, et surtout dans les derniers temps, ces expériences se sont multipliées pour éclairer l'histoire des phénomènes géologiques de tout ordre, chimiques, physiques ou mécaniques. La fécondité déjà si bien reconnue de cette nouvelle voie, bien que la science y soit à peine engagée, indique que la géologie est arrivée à cette seconde période où toute science, pour se compléter, devient expérimentale.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 33 | 18 JUILLET 1868

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR.)

M. W. KINGDON CLIFFORD.

De quelques conditions du développement mental.

Si vous voulez rechercher avec soin ce que vous avez fait le plus souvent pendant cette journée, je crois que vous ne pourrez guère vous empêcher d'arriver à cette conclusion : que vous n'avez réellement rien fait depuis le matin jusqu'au soir que de *modifier votre esprit*. Vous avez commencé par vous réveiller. Or, l'action de se réveiller est un passage de l'esprit d'un état inconscient à un état conscient, et c'est là peut-être le changement le plus grand que puisse subir l'esprit. En vous réveillant, votre première idée a été probablement que vous alliez vous reposer un peu plus longtemps; *mais cette pensée* s'est vite dissipée et s'est changée en un *désir d'action*. Ce désir s'est transformé à son tour en un acte de volonté se traduisant par l'action physique de se lever. De là dérive toute une série de nouvelles sensations, c'est-à-dire la modification d'un esprit passant d'un état où il ne perçoit pas le sentiment des choses à un état où il en a conscience. Et ainsi de suite. Avez-vous commis quelque action de propos délibéré? suivez les transformations de l'esprit : de l'indécision à la décision, d'un désir arrêté à la volition, de la volition à l'action. Avez-vous commis une action impulsive? Ici nous observons un changement encore plus soudain et plus manifeste, rendu par le mot *impulsif*. Comme si l'esprit était un volant dont le mouvement tout entier est subitement changé par l'impulsion donnée par la raquette. Figurez-vous le volant descendant régulièrement avec un léger mouvement spiral, — voilà la raquette qui intervient, — instantanément le volant prend son essor dans une direction tout à fait inattendue et sans aucun rapport apparent avec le mouvement antérieur du volant ; — et voyez comment votre comparaison est juste et expressive lorsque vous parlez de certaines personnes comme ayant un *tempérament impulsif*. Puis vous êtes-vous senti heureux ou malheureux? C'était un changement dans votre manière d'envisager les choses en général; une transition, comme dit Spinosa, d'un état inférieur à un état supérieur de perfection, ou *vice versâ*. En un mot, quoi que vous ayez fait, senti ou pensé, vous trouverez, après réflexion, que vous ne pouvez avoir conscience d'autre chose que d'une modification de l'esprit.

Mais alors, — êtes-vous disposés à dire, — ce changement est peu de chose après tout. Il ne pénètre pas au delà de la surface de l'esprit pour ainsi dire. Votre caractère, l'attitude générale que vous prenez en face des circonstances extérieures, ne varie pas pendant toute la journée, peut-être même pendant un grand nombre de jours. Vous pouvez distinguer entre le caractère de différents individus au point de vous faire d'avance une idée de la façon dont telle ou telle personne agira dans des circonstances données. Or, pour qu'il en soit ainsi, il est clair que chaque personne doit avoir conservé son caractère individuel pendant un temps considérable, puisque vous avez pu noter sa conduite dans différentes circonstances, établir à ce propos quelques règles générales, et prévoir, à l'aide de ces règles, ce que ferait cette personne en telle circonstance donnée. Mais est-il bien vrai, vous répondrai-je, que ce caractère ou ce signe par lequel vous distinguez une personne d'une autre soit absolument fixe et stable? Ne dit-on pas d'un enfant que son caractère se transforme en celui d'un homme? — et d'un homme se trouvant dans de nouvelles circonstances, qu'il est tout autre qu'auparavant? Ne considère-t-on pas comme le chef-d'œuvre de l'art chez le romancier, de pouvoir non-seulement esquisser un caractère pris à un moment donné, mais de pouvoir le suivre dans tout son développement à travers les circonstances variables de la vie? En fait, si vous réfléchissez un peu plus mûrement, vous verrez qu'il n'est même pas vrai qu'un caractère reste identique pendant le cours d'une journée. Chaque circonstance, quelque futile qu'elle soit, pour peu qu'elle affecte l'esprit, y laisse sa trace, infiniment légère peut-être, imperceptible par elle-même, et cependant plus ineffaçable que les hiéroglyphes d'Égypte taillés en pleine pierre. L'ensemble de tous ces vestiges est précisément ce que nous appelons le caractère, et ce qui devient ainsi l'histoire de toute la vie antérieure d'un individu. Sans cesse quelque chose vient s'y ajouter; sans cesse il se développe et se transforme.

Laissez-moi vous donner une idée de ce rapport par l'exemple du mouvement d'une planète. Il y a bien des siècles, on savait déjà qu'une planète est un corps qui va constamment d'un point à l'autre. On faisait des efforts continuels pour découvrir le *caractère* de son mouvement, de façon à pouvoir prévoir, en observant sa marche habituelle, à quel point particulier elle se trouverait à un moment donné. On inventait les expressions les plus ingénieuses et les plus compliquées pour rendre ce caractère : — « Cycle sur épicycle, orbe sur orbe », — au point que certain roi de Portugal très-profane, qui étudiait l'astronomie, disait que « s'il avait été présent, *lui*, quand le système solaire fut confectionné, il eût eu quelques bons conseils à donner. » Mais la vérité est que tout le monde se trompait, et l'état réel des choses était loin d'être aussi compliqué qu'on le supposait. Kepler fut le premier à découvrir

le caractère réel de l'orbite planétaire, et il le fit à propos de la planète Mars. Il trouva que cette planète suivait une courbe elliptique et ovale autour du soleil, lequel était placé un peu de travers vers le milieu. Mais, à la suite d'un examen plus attentif, on vint à découvrir que ceci n'était pas tout à fait exact. L'orbite elle-même tourne lentement autour du soleil. — Elle s'allonge, puis s'aplatit tour à tour, et le plan dans lequel s'opère le mouvement oscille même lentement d'un côté et de l'autre de sa position moyenne. Ainsi vous voyez que bien que le caractère elliptique du mouvement le représente réellement avec une grande exactitude pendant une longue suite de temps, ce caractère lui-même doit être regardé comme étant incessamment dans un état de modification graduelle. Mais le point le plus frappant, — et c'est à cause de la lumière que nous apporte ce point particulier que je me suis servi de cette comparaison, — c'est celui-ci : aucune ellipse possible ne peut représenter *exactement* l'orbite pendant deux secondes successives. Il n'est pas possible que la planète bouge d'un pouce sur sa voie sans que l'ovale se retourne un peu, s'allonge ou se raccourcisse et sorte légèrement de son plan. Ainsi l'ovale qui représentait le mouvement avec exactitude à un point de cet espace ne le représente plus exactement à un autre point. L'application va de soi. Il est tout aussi vrai que le caractère représenté *grosso modo* par la résultante des actions d'un homme pendant un temps très-long, ne représente pas cette résultante avec *exactitude* pendant deux secondes successives. Aucune action ne peut s'accomplir en harmonie avec le caractère sans que le caractère lui-même soit modifié ; tout comme aucun mouvement d'une planète ne saurait s'opérer le long de son orbite sans qu'il y ait un changement de cette orbite.

Mais j'irai plus loin. Les historiens ont coutume de dire qu'à un point quelconque de l'histoire d'une nation, il existe un certain type général qui domine au milieu des diverses modifications de caractère subies par les individus. Il y a, disent-ils, une sorte de loi qui règle le développement lent de chaque caractère depuis l'enfance jusqu'à la vieillesse ; de sorte que si l'on comparait toutes les biographies d'une même époque entre elles, on constaterait une sorte de ressemblance de famille, donnant à penser que quelque influence générale a agi sur toutes ces existences de manière à produire ces transformations. Cette force, ils l'appellent l'esprit de l'âge. Et alors cet esprit, qui détermine tous ces changements de caractère, qui est, par suite, plus persistant que le caractère lui-même, est-il enfin une chose absolument stable, permanente, exempte de toute fluctuation ? Non ; car l'histoire tout entière de l'humanité n'est que le récit de ses transformations perpétuelles. Elle nous raconte comment il y eut de vastes flots révolutionnaires qui se répandirent de pays en pays, inondèrent des continents entiers, et disparurent pour être suivis de nouveaux flots envahisseurs. Aucune histoire n'est philosophique si elle ne retrace l'origine et le cours de ces flots : choses bien autrement importantes que tous les rois et les dominateurs, les batailles et les dates, qui, dans l'imagination de quelques gens, constituent l'histoire.

Récapitulons. L'esprit se modifie si constamment, que nous n'en avons conscience que par ses changements. La résultante de ces changements que nous appelons caractère est aussi une chose qui se modifie continuellement, quoique plus lentement. Enfin la loi ou la force qui domine toutes les transformations de caractère chez un peuple, et que nous appelons l'esprit de l'âge, se modifie aussi, bien que plus lentement encore.

Or nous croyons, — et que cette croyance soit fondée ou non, nous agissons toujours sous son influence, — que ces changements ont un rapport fixe quelconque avec les circonstances extérieures. Dans toute notre conduite vis-à-vis des autres, nous procédons toujours d'après l'hypothèse que ce qu'ils feront, dépend, d'une certaine manière et jusqu'à un certain point, de ce que nous ferons nous-mêmes. Si je désire qu'un homme me traite avec bonté et respect, je dois agir d'une certaine façon envers lui. Si je désire produire un effet plus spécial et plus défini, j'ai recours à des menaces ou à des promesses. Lorsque je veux produire un certain changement d'esprit sur moi-même, j'agis d'après la même hypothèse, c'est-à-dire que je dépends d'une manière ou autre, et jusqu'à un certain point, des circonstances environnantes. On fait un nœud à son mouchoir pour se rappeler certaines choses ; on lit certains ouvrages pour se mettre en telle humeur ou tel état d'esprit ; on fait même des tentatives constantes pour produire un effet plus complet et plus permanent, pour opérer une transformation radicale du caractère. Que signifieraient autrement les écoles, les prisons, les maisons de réforme, et tant d'autres institutions du même genre ? On est allé encore plus loin. Il s'est trouvé des hommes d'État entreprenants et prévoyants qui ont tenté de guider et de diriger l'esprit du siècle. Or, dans tous ces cas où nous employons certains moyens pour atteindre un but déterminé, nous agissons évidemment d'après l'hypothèse qu'il existe un rapport fixe de cause à effet, en vertu duquel nous pouvons prévoir que les moyens que nous adoptons conduiront au but que nous cherchons à atteindre. Dans toutes nos actions, en effet, nous supposons que des modifications d'esprit se rattachent par quelques rapports déterminés aux conditions extérieures. Or, s'il en est ainsi, si chaque individualité se modifie continuellement sous le rapport du caractère, soit en mieux, soit en pis ; si le caractère d'une race ou d'une nation est sujet aux mêmes transformations constantes ; si ces transformations enfin se rattachent par quelque côté déterminé aux circonstances environnantes, il est une question qui se présente naturellement à notre esprit, c'est celle-ci : Quel est l'état de l'esprit qui est le plus apte à se modifier en bien ? Tous les individus d'une même race changent de caractère ; tous se transforment en prenant des voies différentes, avec tous les degrés possibles de divergence ; le caractère moyen lui-même, l'esprit du siècle, se transforme en suivant une direction bien déterminée, ou tend à se diviser en deux caractères différents ; par conséquent, un individu peut marcher de pair avec la race, ou il peut rester en arrière ; une portion de la race peut aller bien ou mal. Supposons qu'une portion de la race va bien et se perfectionne : aussitôt surgit la question de savoir comment nous pouvons distinguer l'individu qui se perfectionne en même temps que la race, des autres individus qui s'arrêtent dans leur marche ou prennent une mauvaise direction. Or ce que je me propose de faire ce soir, c'est simplement de vous soumettre une méthode qui peut servir à résoudre ultérieurement cette question. Je m'efforcerai ensuite de vous signaler un ou deux résultats de cette méthode, ou du moins que je crois tels : mais ceci est d'une importance secondaire. Les résultats dépendent de l'application de ma méthode ; ils ne peuvent être vrais qu'en partie ; ils peuvent être complétement erronés. Mais la méthode elle-même est

mie et doit conduire plus tard à des résultats exacts. Elle consiste à établir une certaine analogie entre l'esprit et les formes visibles de la vie organique. Vous savez que tout animal ou que toute plante parcourt constamment une série de transformations. La fleur se ferme la nuit, s'ouvre le matin; les arbres se dépouillent l'hiver, reverdissent l'été; et le développement de tout organisme, depuis la naissance jusqu'à la maturité, ne peut que vous frapper comme un exemple merveilleux de la modification graduelle du caractère de l'esprit humain. En effet, c'est le trait distinctif des choses vivantes, que non-seulement elles se transforment sous l'influence des milieux, mais que toute transformation qui s'y accomplit, loin d'être perdue, est retenue et pour ainsi dire scellée dans l'organisme, afin de servir de fondement aux actions futures. Si vous produisez quelque déviation dans la croissance d'un arbre et lui imprimez quelque torsion, tout ce que vous pourriez faire plus tard pour lui rendre une direction rectiligne sera inutile : la trace de la difformité persiste; elle est absolument indélébile, elle fait partie de la nature de l'arbre, et se transmet même jusqu'à un certain point à sa graine. Prenez au contraire un morceau d'une matière inanimée, un lingot d'or, par exemple, qui est jaune et tout à fait dur, et faites le fondre; il devient liquide et prend une couleur verte. Ici un changement énorme s'est produit. Mais laissez l'or se refroidir, il retourne à son état solide, à sa coloration jaune, et recouvre précisément le même aspect qu'auparavant : il n'existe aucune sorte de trace des actions qui se sont accomplies. Personne ne peut dire, en examinant un morceau d'or, combien de fois il s'est fondu et s'est refroidi, soit dans les périodes géologiques, par suite des changements survenus dans la croûte terrestre, soit seulement dans l'année précédente, par suite des changements que lui a fait subir la main de l'homme. Mais toute personne qui abat un chêne peut dire, à l'inspection des anneaux du tronc, combien de fois les froids de l'hiver l'ont dépouillé de sa parure sauvage, et combien de fois l'été, en le réchauffant, l'a ramené à la vie. L'être vivant doit renfermer en lui-même non-seulement l'histoire de sa propre existence, mais celle de tous ses ancêtres. Puisque nous constatons autant par ses transformations continuelles que par la persistance des traces de ses changements, que tout organisme ressemble à l'esprit de façon à appartenir, jusque-là du moins, au même ordre de phénomènes, ne pouvons-nous pas supposer avec raison que les lois de transformation sont analogues, sinon identiques dans les deux cas? Ceci n'est évidemment qu'une pure hypothèse. Ce n'est pas une conséquence tirée des circonstances que nous aurions observées jusqu'à présent, et cela demande à être prouvé par les faits. J'essayerai donc de vous montrer que cette supposition est bien fondée; et que les lois de transformation observées dans les animaux et dans les plantes subsistent quand il s'agit de l'esprit humain. Je m'efforcerai ensuite de définir ce que nous entendons par supérieur et inférieur dans les deux cas, et de vous faire voir qu'en réalité nous voulons dire à peu près la même chose. La question sera posée alors sous une forme susceptible d'une solution, et j'essayerai de fournir quelques éléments de cette solution.

Dans l'examen des lois de transformation des êtres organisés, je me servirai de ce qu'on appelle l'hypothèse de l'évolution. Appliquée à ce sujet, c'est à peu de chose près la théorie darwinienne, bien qu'elle ne soit aucunement assujettie aux vues spéciales de Darwin. Mais je m'en servirai simplement comme d'une hypothèse, et la validité de la méthode de recherche que je propose est entièrement indépendante de l'exactitude de l'hypothèse en question. Prenons des exemples pour faire comprendre ce que je veux dire.

Lorsque Kepler découvrit la forme de l'orbite décrite par la planète Mars, il crut que la planète était chassée par quelque force qui agissait dans le sens de la planète. J'ai connu des personnes qui avaient appris quelques notions d'astronomie pour servir à la navigation, et dont les idées étaient très-analogues à celles de Kepler. Elles pensaient que la rotation du soleil était la cause qui amenait les planètes à tourner autour de lui, exactement comme lorsque en faisant tourner une cuiller au milieu d'une tasse de thé, elle fait circuler les globules d'air autour d'elle. Mais Newton découvrit que l'état réel des choses était tout autre. Si vous attachez une balle au bout d'un fil élastique, et si vous la faites tourner autour de vous, vous faites décrire à la balle une orbite très-semblable à celle de la planète, pourvu que votre main ne se trouve pas tout à fait au centre du cercle. Or, la force propulsive n'agit pas ici dans le sens suivi par la balle, mais toujours dans le sens de votre main, et cependant la balle tourne autour de votre main et n'y arrive jamais. Newton supposait qu'il en était de la planète comme de la balle; qu'elle était toujours poussée dans la direction du soleil, et que cette attraction ou aspiration du soleil produisait la révolution de la planète, de la même manière que la traction du fil élastique produit la révolution de la balle. *Quant à ce qui existe* entre le soleil et la planète et qui fait attirer l'une par l'autre, Newton l'ignorait, et personne même de nos jours ne peut le savoir. Tout ce que nous pouvons affirmer positivement, c'est que le mouvement connu de la planète est précisément ce qu'il serait si elle était attachée au soleil par un fil obéissant à une certaine loi d'élasticité. Or, remarquons la nature de cette découverte, — la plus grande, par ses résultats, qui ait jamais été faite dans les sciences physiques :

1° Elle commence par une hypothèse : par la supposition qu'il existe une analogie entre le mouvement d'une planète et le mouvement d'une balle attachée au bout d'une ficelle.

2° La science devient indépendante de l'hypothèse; car nous nous en servons uniquement pour étudier les propriétés du mouvement, et nous ne nous préoccupons pas de sa cause.

Je vais choisir un autre exemple. On a supposé pendant longtemps que la lumière consiste en ondes transmises à travers une gelée claire et éthérée qui remplit l'espace; or, il est facile d'observer le tremblotement très-rapide qui gagne toute une gelée quand vous la frappez sur un de ses points. De cette hypothèse, nous pouvons déduire les lois de la propagation de la lumière et la manière dont les différents rayons s'entrecroisent; les lois ainsi déduites sont confirmées surabondamment par des expériences. Mais ici aussi la science renverse l'échelle qui lui avait servi à s'élever. Pour pouvoir expliquer les phénomènes de la lumière, il suffit d'invoquer une oscillation périodique entre deux états à un point donné de l'espace, et il devient inutile de pousser plus loin l'hypothèse primitive. Quant à dire *ce que sont* ces deux états, personne ne le peut, et la seule chose que nous puissions affirmer avec quelque degré de probabilité, c'est que *ce ne sont pas* des états de simple déplacement mécanique, comme le tremblotement d'une gelée, car les phénomènes de la fluo-

rescence (1) paraissent inconciliables avec cette supposition.

Or, les deux remarques que l'on peut faire dans tous ces cas s'appliquent également à l'hypothèse de l'évolution. Elle est fondée sur une analogie supposée entre le développement de l'espèce et le développement de l'individu. Elle suppose, par exemple, que la race des crabes a parcouru à peu près la même série de transformations que subit aujourd'hui chaque crabe dans le cours de sa formation dans l'œuf, dans sa forme première, entièrement dissemblable de sa forme ultérieure, dans sa métamorphose graduelle, et dans la formation de son écaille et de ses pinces. Cette analogie fait naître l'idée des lois du changement, et celles-ci sont dans la suite contrôlées et corrigées par les faits. Mais, comme dans les cas précédents, la science tend à s'affranchir de l'hypothèse. Les lois de la transformation sont établies pour le temps présent et pour des temps éloignés bien définis; mais elles ne nous fournissent aucun renseignement positif sur l'origine des choses. Ainsi, quoique je me serve de cette hypothèse pour représenter les lois de la transformation qui en découlent, l'exactitude de ces lois et les conclusions qu'on en peut tirer ne dépendent en aucune façon de l'exactitude de l'hypothèse.

Il court certaines erreurs relatives à la nature de la théorie de l'évolution, contre lesquelles je voudrais particulièrement vous prémunir. En premier lieu, il est une erreur commune qui consiste à supposer que tous les animaux existants peuvent former les anneaux d'une chaîne continue, depuis les êtres les plus supérieurs jusqu'aux êtres les plus inférieurs. Cette idée avait servi de base à un système de classification érigé par Linné, et elle survécut parmi les naturalistes jusqu'à l'époque de Cuvier. « Leur but, dit Agassiz, était d'établir une série continue et uniforme embrassant tous les animaux, et entre les anneaux de laquelle on pensait qu'il n'y avait pas d'intervalles inégaux... Ils appelaient leur système la chaîne des êtres. » On s'imagine donc que les partisans de la théorie darwinienne croient que toutes ces formes procèdent les unes des autres, en commençant par les êtres les plus inférieurs et en remontant aux êtres les plus supérieurs; de sorte que chaque animal de la série aurait passé par toutes les formes inférieures dans le cours de son évolution. De même qu'on suppose que les espèces se sont développées ainsi à travers la chaîne, et que les espèces inférieures se transforment sans cesse en espèces supérieures, de même on s'imagine que chaque individu parcourt toutes les formes inférieures de l'adulte dans le cours de sa production. Ainsi le poussin, par exemple, pendant sa formation dans l'œuf, devient successivement limace, insecte, poisson et reptile avant de devenir oiseau. Or, j'ai à peine besoin de vous rappeler que toutes ces idées sont entièrement erronées, et si j'en ai fait mention, c'est uniquement pour qu'il n'y ait pas d'erreur au sujet de la théorie dont je me sers par analogie.

En second lieu, aucun organisme vivant ne pourrait, par son développement, se transformer en un autre organisme. L'hypothèse se réduit simplement à ceci : Dressez le tableau des êtres actuels, en le disposant de manière que leur rapprochement ou leur éloignement soit proportionnel à leurs ressemblances ou à leurs différences; puis remontez à un million d'années, et faites un tableau du même genre représentant les formes organiques qui existaient à cette époque : pas un des endroits qui se trouvent couverts dans un dessin ne se trouverait couvert dans l'autre; mais la disposition générale serait très-analogue, si ce n'est que tous les groupes seraient plus rapprochés du centre ou foyer, et par conséquent plus rapprochés les uns des autres. Si vous faites un troisième tableau représentant l'état des choses environ un million d'années auparavant, les groupes seraient encore plus rapprochés les uns des autres, et, à une époque dont l'éloignement ne saurait se figurer, ils se réuniraient tous au point central. Ainsi la théorie consiste à croire qu'à cette époque si merveilleusement éloignée, toutes les espèces étaient semblables, c'est-à-dire étaient de simples molécules de gelée; qu'elles se sont séparées graduellement les unes des autres, et qu'elles sont devenues de plus en plus distinctes, jusqu'au point d'atteindre la variété presque infinie que nous voyons aujourd'hui. Imaginez un arbre dont les branches s'étendent au loin, comme le chêne : les feuilles extérieures, à quelque moment qu'on les considère, peuvent représenter toutes les espèces existantes à un moment donné. Il serait tout à fait impossible de les arranger par séries. A mesure que l'arbre grandit, les feuilles extérieures prennent une direction divergente, et s'éloignent de plus en plus d'elles-mêmes et du tronc. Or, deux extrémités qui ont suivi une direction divergente ne convergent plus jamais et ne croissent plus ensemble. Mais cette comparaison même est insuffisante, car les espèces peuvent prendre des directions beaucoup plus divergentes que les branches d'un arbre. L'infini n'est pas assez vaste pour représenter l'état réel des choses.

La doctrine de la transformation de van Baer peut se représenter de la même manière. Prenez des embryons de polypes, de limaces, de céphalopodes, d'insectes, de crabes, de poissons et de grenouilles; si vous pouviez les voir se développer graduellement et se transformer en ces différents animaux, ils vous apparaîtraient d'abord tous absolument semblables et ne pourraient se distinguer les uns des autres; après quelque temps, vous trouveriez qu'ils se répartissent entre ces quatre grandes classes. Plus tard encore, ces groupes pourraient être divisés en des groupes plus petits représentant des ordres, puis en familles et genres; enfin on verrait paraître les différences qui les divisent en espèces.

L'hypothèse de l'évolution représente donc une *race* d'animaux ou de plantes, comme une chose qui se transforme graduellement. De plus, elle représente ces changements comme liés par des lois fixes à l'action du monde extérieur, ou, comme on a coutume de le dire, à l'influence des milieux. Or, l'action du milieu sur une race est de deux genres : elle est directe ou indirecte. Ce que l'on appelle l'action directe se comprend très-facilement. Il n'y a pas de difficulté à comprendre comment des changements de climat pourraient produire des transformations dans la couleur de la peau, ou comment de nouvelles conditions qui nécessitent une plus grande activité d'un organe pourraient amener un développement plus notable de cet organe, comme nous savons que les muscles peuvent grossir par l'effet de l'exercice. Ces changements rendus habituels deviendraient héréditaires à la longue. Mais l'action indirecte du milieu, appelée la sélection naturelle, est encore plus importante. Son mode d'opération peut se juger par un exemple : il y a dans l'Amérique du Sud deux papillons qui se ressemblent beaucoup sous le rapport de la forme; mais l'un a un goût très-sucré et est fort recherché des oiseaux, tandis que l'autre est amer et leur est dés-

(1) Voyez une conférence de M. A. Serré, ci-dessus page 425, numéro du 6 juin 1868.

gréable. Or, supposons que, par une cause ou une autre, il se produise parfois des papillons sucrés avec des marques semblables à celles des amers. Comme ils seraient pris par les oiseaux pour des papillons amers, ils courraient moins de risque d'être dévorés, et par conséquent ils auraient plus de chance de survivre et de se perpétuer. Pour peu que cette particularité relative aux taches devienne héréditaire, la proportion de papillons sucrés à taches amères, comparée au nombre total des papillons sucrés, sera plus considérable dans la génération suivante qu'auparavant; les papillons sucrés qui auront retenu leurs traits distinctifs seront exterminés par les oiseaux, et l'espèce tout entière aura pris les marques de l'espèce amère. Ce fait a réellement eu lieu : l'une des espèces a imité les taches de l'autre. Ici nous voyons les procédés de la sélection naturelle. Toute variation chez un individu, qui lui donne un avantage dans la lutte de la vie, est plus susceptible de se transmettre à la progéniture que toute autre variation, par ce fait que l'individu est plus apte à survivre. De sorte que la nature extermine graduellement toutes les formes qui ne conviennent pas au milieu, et tend ainsi à produire une balance entre l'espèce et le milieu. Ainsi les transformations se font, dans une espèce, par la sélection des modifications avantageuses qui peuvent survenir dans les individus. Or, il se produit trois genres de transformation dans les individus : changement de dimensions ou croissance; changement de structure ou changement dans la forme et dans la disposition des parties, comme lorsque le squelette cartilagineux d'un enfant se durcit et s'ossifie; et changement de fonctions ou changement dans l'usage qui est fait de toute partie de l'organisme. J'ai une ou deux remarques à vous faire au sujet du premier de ces changements, je veux dire la croissance ou le changement de dimension. Tout organisme absorbe continuellement de la matière par sa surface extérieure pour pouvoir alimenter l'intérieur. Il faut une certaine quantité de cette matière pour réparer les pertes qui se produisent continuellement. Mais supposons, pour commencer, qu'un organisme a plus de surface qu'il ne lui en faut absolument pour pouvoir réparer ses pertes : une certaine portion de la matière assimilée ou de l'aliment est de trop, et l'organisme augmente de dimension. Mais, dites-vous, si c'est là tout ce que signifie la croissance, pourquoi ne continue-t-elle pas indéfiniment? L'explication est des plus simples. Je prends ce cube qui a six faces, ayant chacune un pouce d'étendue. Supposons qu'il représente un animal, et mettons pour commencer que deux des côtés suffisent à eux seuls pour alimenter la masse entière : la nutrition prise par les quatre autres côtés devient surabondante, et la masse doit augmenter de dimensions. Supposons maintenant qu'elle a acquis un volume linéaire double du premier, c'est-à-dire que chaque côté du cube a maintenant 2 pouces : l'ensemble à nourrir est huit fois ce qu'il était auparavant, tandis que la surface est seulement quatre fois plus considérable. Sur les 24 pouces carrés composant la surface, 16 sont occupés à nourrir l'ensemble, tandis que 8 seulement, ou un tiers, restent pour fournir les matériaux du développement. Cependant il y a encore surabondance, et l'organisme grandit toujours. Qu'il acquière trois fois sa hauteur, sa largeur, sa profondeur originelles, la masse est vingt-sept fois plus considérable, la surface neuf fois seulement; en d'autres mots, il y a 27 pouces cubes à nourrir, et juste 54 pouces carrés pour pourvoir à leur nutrition. Il n'y a plus de surabondance, l'organisme cesse de croître. C'est une règle générale, que, quand une chose se développe, l'ensemble augmente toujours plus rapidement que la surface. Quelle que soit donc la surabondance de la puissance nutritive de la surface au commencement, la masse arrive infailliblement à se développer en proportion, et la croissance s'arrête.

Or, les transformations de l'esprit d'un individu peuvent se réduire elles-mêmes à trois types : Développement général; changement de structure; changement de fonctions.

Et d'abord qu'est-ce que le développement général de l'esprit? C'est l'acquisition de nouvelles connaissances; non-seulement des connaissances qui sont nécessaires pour réparer cette étonnante faculté d'oublier que nous avons, — car l'oubli est une chose réellement plus extraordinaire que la mémoire, — mais d'un certain surplus qui sert à augmenter l'ensemble de notre expérience mentale. Je ne sais si dans ce cas, il existe quelque lutte de vitesse entre la surface et la masse comme lorsqu'il s'agit de l'organisme; mais il est assurément vrai que tandis que dans l'enfance nous oublions très-peu de choses et nos facultés d'acquérir l'emportent immensément sur nos facultés d'oublier, à mesure que nous grandissons, les facultés d'oublier gagnent rapidement sur les facultés d'acquérir et finissent par les atteindre. La croissance cesse dès que cet équilibre est établi.

En second lieu, l'esprit subit des modifications de structure, c'est-à-dire des modifications dans sa forme et dans la disposition de ses parties. Deux idées qui n'étaient que faiblement reliées s'agrégent pour former une masse serrée et compacte. Par exemple, les idées attachées à un grand nombre de qualités différentes, qui ne s'enchaînaient nullement dans notre esprit, ces idées se réunissent quand nous constatons l'existence de ces qualités dans le même objet. De cette façon nous arrivons à former des idées au sujet de certaines choses, et ces idées arrivent graduellement à former un ensemble tellement compacte, que même par la pensée nous ne pouvons plus les séparer en leurs éléments constituants. Des portions de nos connaissances que nous croyions être distinctes se relient par des théories scientifiques; des images qui flottaient çà et là sont rassemblées en faisceau par l'artiste, et c'est ainsi que nous les trouvons réunies.

Enfin, il s'accomplit des changements de fonctions. Chacun sait comment les facultés mentales éclosent et deviennent visibles à mesure que l'enfant grandit. Les hommes acquièrent des facultés par la pratique, et vous savez combien il nous arrive souvent de nous réveiller et de nous trouver, pour ainsi dire, doués de nouvelles facultés, sans avoir pourtant cherché directement à les acquérir. Ainsi nous avons les preuves de l'existence de nos trois types de transformation : la croissance générale, la structure et les fonctions.

Par conséquent, les actions qui s'échangent entre le milieu et l'individu peuvent se réduire à ces trois types quand il s'agit de l'esprit comme lorsqu'il s'agit de tout organisme visible. Encouragés par ce résultat, nous allons revenir à notre première question. Quel est l'état de l'esprit qui est le plus apte à subir une transformation favorable? Et qu'entendons-nous par *transformation favorable?*

Bien qu'il soit tout à fait impossible de classer tous les organismes vivants dans une chaîne à séries, nous nous faisons néanmoins une idée générale de ce qui constitue l'infériorité ou la supériorité des organismes; nous considérons un oiseau comme supérieur à un poisson et un chien comme supérieur

à un serpent. Si nous revenons à notre comparaison de l'arbre, nous trouvons qu'à chaque endroit de l'arbre pris à un moment donné, il y a une direction définie dans son développement. De sorte que sans que nous puissions dire lequel des deux organismes coexistants est supérieur à l'autre, nous pouvons néanmoins, en comparant une espèce à elle-même peu de temps après, dire si elle a dégénéré ou s'est perfectionnée. Or, en examinant des faits variés, nous trouvons qu'il peut y avoir six signes de perfectionnement : Les parties de l'organisme se différencient de plus en plus; les parties de l'organisme se rapprochent de plus en plus. L'organisme se distingue de plus en plus de l'entourage; l'organisme se rapproche de plus en plus de l'entourage. L'organisme se distingue de plus en plus des autres individus; l'organisme se rapproche de plus en plus des autres individus.

En effet, les processus qui aboutissent au développement sont composés de *différentiation* et d'*intégration*. La différentiation, c'est le fait de rendre les choses différentes; l'intégration, c'est le fait de les réunir en faisceau. Ces opérations s'appliquent à la fois aux parties de l'organisme, à l'organisme et au monde extérieur, à l'organisme et aux autres organismes. La différentiation des parties chez les vertébrés est résumée par la figure 117, empruntée à Spencer.

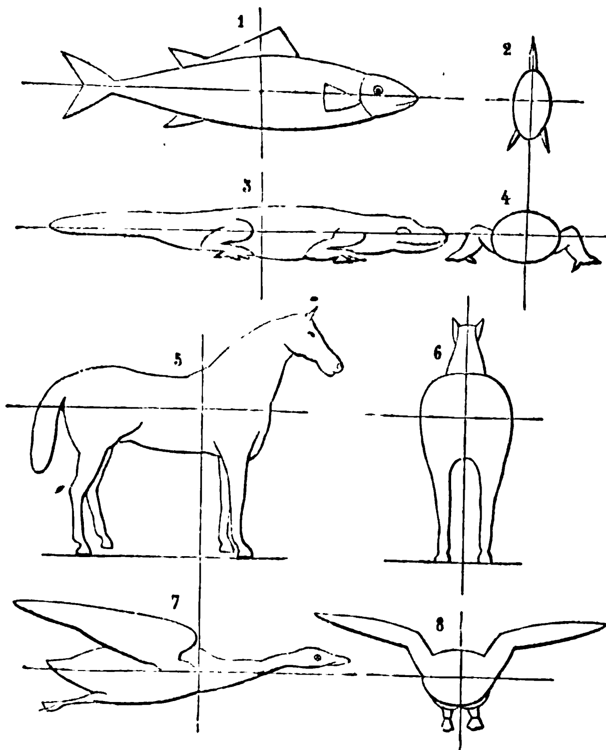


Fig. 117.

L'intégration des parties signifie l'ensemble de leur rôle ; de sorte que si l'on touche à l'une de ces parties, toutes sont affectées. La différentiation d'avec le milieu se fait par le poids, la composition et la température. Un polype n'est guère autre chose que l'eau de mer qu'il habite ; un poisson est supérieur à celle-ci par plusieurs degrés de température et par son organisme composé de matériaux bien différents ; et, à la fin, le mammifère est élevé de 36 ou 38 degrés au-dessus de la matière environnante, et les matériaux de son organisme sont encore plus différents. L'intégration avec le milieu signifie une étroite correspondance avec cette matière : les actions du milieu sont suivies d'actions correspondantes de la part de l'animal. La différentiation d'avec d'autres organismes signifie l'individualité ; l'intégration avec d'autres organismes signifie la socialité.

De même, nous avons une sorte de notion générale de degrés supérieurs ou inférieurs du développement mental. Cette notion générale se résume en la mesure de l'étendue parcourue par six modes de développement : La séparation des parties; la connexion des parties ; la séparation d'avec l'entourage; la correspondance plus étroite avec l'entourage; la séparation d'avec d'autres individus ; la socialité.

La seule idée que nous puissions nous faire d'un état purement inconscient, se résume en ceci : que tout est parfaitement semblable dans cet état et qu'il n'y existe pas de différence.

Le premier indice du sentiment de la pensée, c'est la perception de la différence. Les yeux de l'enfant suivent la lumière. A l'instant, cet univers homogène, incolore, se divise en deux parties : la lumière et l'obscurité. Une ligne le sépare ; il devient hétérogène, et la première chose qui existe c'est une distinction. D'autres lignes sont tirées à la suite ; l'aspect des choses se distingue en blanc, noir, bleu, rouge et ainsi de suite. C'est là le premier travail ; la distinction des parties, de la perception. Mais bientôt on découvre qu'un certain nombre de ces lignes différentielles renferment un espace limité. Des rapports s'établissent entre elles. Les traits de la blancheur, de la rondeur, de la légèreté, la possibilité d'être lancées sur une personne, renferment l'idée d'une balle. Cette idée prend de la cohérence, devient une, se transforme en une chose qui se tient par elle-même. Non-seulement elle se détache de l'absence générale de toute perception, mais elle forme par elle-même un ensemble distinct, *intégré*. Ici nous retrouvons la seconde opération de l'esprit. Pendant toute la vie ces deux opérations marchent de pair ; chacune de nos perceptions est une ligne de démarcation entre deux choses différentes. Nous n'avons conscience que de ce qui est une séparation, un changement d'une chose à une autre. Et ces différentes lignes de démarcation se relient constamment, constituant en ensembles complets différentes portions du sentiment de notre pensée, et établissant entre eux de la cohésion. De même qu'un sculpteur fait tomber d'un bloc de marbre tantôt un morceau et tantôt un autre, faisant chaque fois une séparation entre ce qui doit être retenu et ce qui doit être rejeté, jusqu'à ce que tous ces différents morceaux témoignent à la fin de la connexion qui les rattache les uns aux autres, et que la statue terminée se manifeste comme un ensemble complet, une chose positive faite de négations contradictoires, — de même la conception d'une chose se fait dans notre esprit.

Et cette conception une fois transformée en un ensemble, une fois intégrée par un acte de l'esprit, que nous paraît-elle immédiatement ? Évidemment quelque chose qui est en dehors de nous, une chose réelle qui diffère de nous. C'est là la troisième opération, l'opération de la *différentiation* d'avec le monde extérieur. Cuvier nous en fait une très-belle description quand il peint le premier homme errant partout en s'émerveillant de découvrir tant de nouvelles parties de lui-même, jusqu'à ce qu'il apprenne graduellement qu'elles ne sont pas lui-même, mais des choses

qui lui sont étrangères. Ainsi cette notion qu'une chose est *réelle*, qu'elle existe en dehors de nous-mêmes, est due à la puissance active de l'esprit qui la regarde comme une, qui réunit ensemble toutes ses limites. Et ce travail dure tant que nous vivons. Constamment nous formons en nous-mêmes des combinaisons d'idées plus compliquées, et en leur donnant de l'unité nous les rendons réelles. En même temps le travail inverse est également actif. Plus nous détachons de nous-mêmes nos idées et plus nous les réalisons, plus nos esprits s'harmonisent avec la nature des choses extérieures. Nos idées deviennent plus vraies, plus conformes aux faits et en même temps elles répondent plus sûrement et plus complétement au *milieu*. Une nouvelle expérience s'ajoute plus rapidement et plus complétement à la somme de notre expérience antérieure. Mais il se passe encore autre chose. L'action de ces deux lois, prises ensemble, équivaut en réalité à la création de nouveaux sens. Les savants, par exemple, s'occupent d'idées extrêmement abstraites et générales. Par suite d'une habitude constante, ces idées et les rapports qui les unissent, deviennent aussi réels et aussi extérieurs que les objets ordinaires de l'expérience; et la perception de nouveaux rapports entre ces idées est si rapide, l'accord de l'esprit avec les circonstances extérieures est si complet, qu'il se développe un vrai sens scientifique à l'aide duquel on peut percevoir les objets aussi rapidement et aussi sûrement que je vous vois en ce moment.

Les poëtes, les peintres et les musiciens sont tellement accoutumés à porter en dehors d'eux l'idée de la beauté, qu'elle devient pour eux une chose qu'ils voient avec les yeux de l'esprit et qu'ils décrivent, mais qu'ils ne créent pas plus que nous ne semblons créer ces idées de table, de bancs, de lumière, formées depuis longtemps dans notre esprit. Il n'y a pas un savant, un poëte, un peintre, un compositeur qui ne vous dira qu'il a trouvé sa découverte, son poëme, son tableau déjà tout fait, qu'il l'a pris dans le monde extérieur et ne l'a pas sciemment créé en lui-même. Et il y a raison de croire que ces sens ou aptitudes sont des choses qui augmentent réellement parmi les hommes. Il est, du moins, certain que le sens scientifique est infiniment plus développé aujourd'hui qu'il ne l'était il y a trois cents ans; et s'il est impossible de poser des règles absolues en fait d'art, il est pourtant bien avéré que des esprits soumis à une éducation artistique ont une tendance à se classer en certains groupes, et que les membres de chaque groupe ont des opinions indépendantes et cependant unanimes sur les questions artistiques. Cette classification par écoles, et la netteté des conclusions auxquelles chacune est arrivée, se caractérisent de plus en plus. Ainsi il semblerait que voici deux nouveaux sens, le sens scientifique et le sens artistique, qui se forment actuellement dans l'esprit. Il reste à considérer deux autres signes de développement : la différentiation d'avec les esprits environnants (c'est-à-dire le développement) de l'individualité et un accord plus parfait avec eux, des sympathies plus larges, une connaissance plus parfaite des autres. C'est là précisément le double caractère de l'homme de génie. Il diffère des individus qui l'entourent : c'est par là que vous le reconnaîtrez; et pourtant cette distinction doit être de nature à l'unir plus étroitement à ceux au milieu desquels il vit. Elle étend ses sympathies et les rend plus intenses, elle lui fait sentir les besoins des autres; elle le porte à se réjouir de leurs joies, à souffrir de leurs peines. C'est ainsi que le gosier est une chose compliquée, entièrement distincte du reste du corps, mais cependant prêt à jeter un cri de douleur quand toute autre partie de l'organisme est atteinte.

Nous avons maintenant une idée assez nette de ce que signifie le développement mental. C'est un travail de différentiation et d'intégration simultanées qui se fait dans les parties de la perception, entre l'esprit et le monde extérieur, entre l'esprit et les autres esprits. Et la question que je voudrais voir résoudre est celle-ci : quel est l'état de l'esprit qui se prête le plus à favoriser ce travail? Je vais me hasarder à faire une réponse partielle à cette question. Ce que je vais dire demande du reste à être vérifié par les faits.

Les changements qui s'accomplissent dans l'organisme sont de deux genres. Les uns sont produits par l'action directe des agents extérieurs et sont très-analogues aux changements que nous observons dans les êtres inanimés. Quand un arbre est couché à terre par le vent et reste finalement dans cette position, ce changement ne diffère aucunement de ce qui se produit quand nous courbons un fil de fer et que celui-ci ne peut regagner sa forme. D'autres changements sont produits par l'action spontanée de cet approvisionnement de forces qui s'accumulent dans l'organisme par suite du travail de développement. Tels sont tous ces mouvements sans connexion apparente qui constituent la grande distinction entre les choses vivantes et les choses mortes. Or, dans mon hypothèse, les modifications avantageuses et permanentes sont toujours produites par l'action spontanée de l'organisme, et non par l'action directe de l'entourage. Ce fait devient, je crois, très-clair quand nous étudions un cas extrême. Supposons une race d'animaux qui n'ait jamais subi de transformations produites par son activité spontanée. La race doit avoir, à une certaine époque, une somme définie de plasticité, c'est-à-dire la faculté définie de s'adapter à un changement de circonstances et se transformer d'accord avec ces circonstances. Chaque effet permanent du milieu sur ces animaux équivaut à la cristallisation d'une partie qui, auparavant, était plastique; car, pour que l'effet ait eu lieu, il faut que la partie ait été plastique; et comme l'effet est permanent, la partie, jusqu'à ce point, a perdu sa plasticité. Avec le temps, la race de ces animaux renfermera de plus en plus son histoire en elle-même; mais, dans le cours de ce travail, elle perdra cette aptitude aux transformations qu'elle possédait naguère, et, à la fin, elle sera tout à fait fixe, incristallisable, incapable d'un changement. Alors elle est infailliblement condamnée à périr; car les conditions extérieures doivent changer tôt ou tard, et la race, incapable de se modifier en même temps que le milieu, sera exterminée.

D'autre part, toute addition apportée à l'organisme par son activité spontanée est l'addition d'une chose qui n'a pas encore subi l'action du milieu, qui est donc plastique, capable d'une modification infinie; en un mot, c'est un accroissement de puissance. Lorsque l'arbre est renversé par le vent, c'est un désavantage positif si le vent vient à souffler du côté opposé. Mais lorsqu'une plante arrive à entourer sa graine de longs poils, — le matériel a pu être fourni par le milieu, tandis que l'usage auquel il a été soumis est une action spontanée de l'organisme, — c'est là un accroissement réel de puissance. Car le nouvel organe peut être modifié de toutes les façons concevables pour s'accommoder aux exigences du milieu; il peut s'attacher aux flancs des bestiaux, et aider à la distribution de la graine, ou il peut atteindre le même

but en facilitant le transport par le vent. En un mot, l'activité est la première condition du développement. Un excellent exemple de ce fait est fourni par les lézards dont le professeur Huxley vous a parlé il y a deux ou trois semaines (1). Il existait autrefois une race de lézards hauts de trente pieds, et qui marchaient sur leurs jambes de derrière, en se tenant en équilibre par leurs longues queues. Ils étaient pourvus de trois doigts comme les oiseaux. Cette race s'est divisée en prenant trois directions différentes. Les uns cédèrent aux sollicitations du milieu, et trouvèrent commode d'aller à quatre pattes et de manger du poisson : ils devinrent des crocodiles. D'autres se prirent à exercer violemment leurs jambes de devant ; trois longs doigts s'y développèrent, et ces animaux devinrent des oiseaux. Les derniers restèrent longtemps dans un état d'indécision, hésitant s'ils feraient surtout usage de leurs bras ou de leurs jambes. A la fin, ils se séparèrent : les uns devinrent des ptérodactyles, les autres des kanguroos. Car M. Seeley (de Cambridge) a découvert des os de marsupiaux chez les ptérodactyles, c'est-à-dire des os que l'on croyait appartenir exclusivement à l'ordre des mammifères dont fait partie le kanguroo.

Prenons que cette loi soit vraie et que le développement d'un organisme procède plutôt de ses activités, et appliquons-la à l'esprit. Quelles sont, en effet, les conditions que doit remplir un esprit qui est en voie de développement supérieur, au moins autant que cette loi peut nous les faire connaître? Il y en a deux : l'une positive, l'autre négative.

La condition positive veut que l'esprit agisse plutôt que d'assimiler, — qu'il soit plutôt disposé à créer qu'à acquérir. Si l'esprit est scientifique, il ne doit pas rester dans la contemplation des théories existantes, ou se contenter d'apprendre des faits par routine. Il doit agir, créer, fournir de nouvelles forces, découvrir de nouveaux faits et de nouvelles lois. Et si l'analogie que nous invoquons est vraie, l'esprit doit créer des choses qui ne sont d'aucune utilité immédiate. Si l'esprit est artistique, il ne doit pas rester dans une terreur désespérée devant les monuments des grands maîtres, comme s'il n'y avait plus d'horizon au delà de hauteurs si élevées. Encore moins doit-il trembler devant les conventions d'un autre âge, quand sa mission est peut-être de former toute la vie de la génération qui va suivre. Il n'y a pas d'érudition, d'habileté technique, de haute faculté critique qui puisse dispenser l'esprit de la nécessité de créer, si l'esprit veut prendre son essor. La faculté de créer n'est pas une affaire d'habileté statique par laquelle un homme doit créer absolument tel genre de choses, tandis qu'un autre ne le peut en aucune manière ; c'est une affaire d'aptitude et de goût. Les résultats des choses dépendent non de leur *état*, mais de leur *tendance*. Par conséquent, la première condition du développement mental est que l'esprit soit en disposition de créer et non d'acquérir, ou bien, comme on l'a si bien dit, que l'aliment intellectuel serve à former du muscle mental et non de la graisse mentale.

La condition négative, c'est la plasticité. C'est d'éviter toute cristallisation suggérée directement par le milieu. L'esprit qui veut se développer ne doit permettre à aucune idée d'y rester permanente, excepté celles qui conduisent à l'action. En face de toutes les autres idées, il doit garder une attitude de réceptivité absolue, les admettant toutes, se laissant modifier par toutes, mais ne permettant à aucune d'exercer sur lui une influence permanente. Devenir cristallisé, être fixe dans son opinion comme dans l'immuable de sa pensée, c'est perdre la grande caractéristique de la vie, celle qui la distingue de la nature inerte : le pouvoir de s'accommoder aux circonstances.

Ceci est encore plus vrai quand il s'agit de la race. Il y a en Orient des nations si asservies par l'habitude, qu'elles semblent avoir perdu toute puissance de transformation, sauf la capacité d'être détruites. Les conventions, en un mot, sont la cristallisation d'une race. Et si nous réfléchissons qu'une race peut être regardée comme d'autant plus jeune et vigoureuse qu'elle est plastique et susceptible d'être transformée, tandis qu'une race qui est fixe, persistante dans sa forme, incapable de changement, est, aussi certainement, épuisée, usée, en péril d'extinction, nous serons convaincus, je crois, de l'immense importance qu'il y a pour une nation d'arrêter le développement des conventions. Il est fort possible que des règles conventionnelles d'action et des habitudes conventionnelles de pensée arrivent à prendre un tel empire, que le progrès devienne impossible, et qu'une nation ne puisse plus se modifier que dans un sens rétrograde. En face d'un tel danger, il *n'est pas bon d'être convenable.*

W. KINGDON CLIFFORD.

— Traduit de l'anglais par JOHN D. FAURE.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

X

Races domestiques chez les oiseaux.

Je vous ai dit que la question des races domestiques était encore plus importante à traiter chez les animaux que chez les végétaux. J'ai ajouté que pour eux le problème se posait de la même manière : étant donnés plusieurs groupes d'individus présentant de profondes ressemblances, mais en même temps des caractères distinctifs parfois considérables et susceptibles de se transmettre par voie de génération, il s'agit de voir si ces groupes sont les races d'une espèce unique, ou bien s'ils constituent autant d'espèces distinctes. Je vous ai fait enfin remarquer que sauf le ver à soie, sur la domestication duquel je vous ai donné quelques détails, et peut-être le cyprin élevé en Chine, les animaux, jusqu'à la classe des oiseaux, ne présentaient point d'espèces méritant le nom de domestiques.

Les oiseaux, au contraire, offrent plusieurs exemples d'un haut intérêt et dont les enseignements rejailliront sur les études qui nous occuperont très-prochainement.

Le serin des Canaries (*Fringilla canaria L.*) est peu impor-

(1) La conférence de M. Huxley paraîtra prochainement dans la *Revue*.

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495 et 510, 9 mai, 6 et 13 juin, 4 et 11 juillet 1868.

tant par lui-même ; mais son histoire a pourtant une très-grande valeur, parce que nous connaissons la patrie originelle de ce petit animal, l'époque très-récente de sa domestication, ou plutôt de son importation et de son assujettissement, ainsi que les caractères du type sauvage. L'homme, d'un autre côté, a fait peu d'efforts pour imposer de nombreuses modifications à cette espèce ; et s'il en existe aujourd'hui plusieurs races, on peut les regarder comme s'étant formées naturellement sous l'empire de conditions d'existence variées.

Le serin a été introduit en Europe par Jean de Béthencourt, cet aventurier normand qui, ayant résolu de faire la conquête des Canaries, en prit possession, pour les céder ensuite au roi d'Espagne. Or le serin se trouve encore dans ces îles à l'état sauvage. Il est alors d'un gris verdâtre avec des taches brunes, et vous savez combien la couleur des nôtres est différente. Du temps de Buffon, on en comptait déjà vingt-neuf races, et depuis, ce nombre s'est certainement accru. Le canari domestique est en général plus grand, les dimensions de son bec ont changé. Il existe en Hollande une race dans laquelle cet organe s'est allongé et légèrement recourbé, au lieu de rester court et conique comme il l'est encore dans l'espèce sauvage et dans les groupes voisins. La couleur varie du jaune pâle, presque du blanc pur, à la couleur jonquille foncé; dans certaines races, des mouchetures apparaissent et font à l'oiseau une livrée panachée.

Le chant est sans contredit ce que l'homme recherche le plus chez ce petit musicien de la chambre, comme l'appelle Buffon. Or, tout en restant au fond toujours la même, cette faculté présente cependant, suivant les races, des différences marquées quant au nombre, à la qualité et à la durée des cadences, variations que savent bien apprécier les amateurs. L'aptitude à retenir les airs est encore une de celles que l'on a cherché à développer chez le serin et dont l'intensité varie avec la race. Ainsi les variétés blanches ou grisâtres sont, à ce point de vue, supérieures aux variétés jonquilles.

Il est, parmi les oiseaux, une espèce plus utile à qui l'homme, en la domestiquant, n'a demandé que sa chair. Il ne s'est donc pas efforcé d'en multiplier et d'en fixer les variétés. Je veux parler du dindon (*Meleagris gallopavo*). Nous le connaissons à l'état sauvage en Amérique, où les Mexicains l'avaient déjà domestiqué. Il a été importé en Europe vers la fin du XVe siècle, et l'on s'est demandé si les individus nouvellement introduits n'étaient pas déjà domestiqués au Mexique. Cela n'est pas probable, car ces dindons étaient regardés comme des oiseaux de luxe plutôt que comme des animaux de basse-cour. Ils se répandirent peu dans le principe, et il paraît que le premier que l'on mangea fut servi, en 1590, aux noces de Charles IX.

Le dindon sauvage est d'ailleurs parfaitement connu. Sa couleur, uniformément brune avec des reflets métalliques, en fait un fort bel oiseau, et c'est avec cette livrée qu'il a été importé en Europe à titre d'oiseau d'ornement. Depuis, il s'en est formé dans nos fermes de nombreuses races. La taille s'est accrue, l'éclat du plumage a disparu. La plupart de nos dindons sont noirs, plus ou moins panachés de blanc ; il en est aussi de gris, de roux et de blancs.

Les deux espèces dont il vient d'être question sont deux conquêtes récentes de l'homme, et la détermination de la souche sauvage est pour l'une et pour l'autre indubitable. Il en est encore deux plus curieuses sur lesquelles on peut se prononcer avec la même certitude, grâce aux documents historiques. Ce sont l'oie et le canard.

L'oie paraît avoir été domestiquée par les Grecs. C'est du moins l'avis d'Isidore Geoffroy. Suivant Pictet, elle l'aurait été auparavant en Asie. L'oie sauvage nous est parfaitement connue; elle vient chez nous tous les ans. La comparaison des types est donc bien facile. Elle montre que l'oie domestique a grandi et a changé de couleur, le plus souvent pour blanchir. Déjà, au temps de Varron et d'Horace, c'est-à-dire dans la période comprise de l'an 116 à l'an 26 avant notre ère, l'oie blanche était regardée comme la meilleure et comme produisant les foies gras les plus délicats. On recherchait donc déjà chez l'oie, à cette époque, les qualités qu'on lui fait acquérir aujourd'hui. Les races appartenant à cette espèce sont peu nombreuses et peu distinctes. Une des plus curieuses est celle qui a été rapportée récemment de Sébastopol, et dont parle Darwin. Elle est remarquable par des plumes scapulaires dont la tige centrale est divisée en filets qui se ressoudent plus loin et dont les barbes et les barbules sont également désunies, en sorte qu'elles rappellent les marabouts.

Ce peu d'étendue des variations ne doit pas nous étonner. Comme on n'a jamais cherché à améliorer chez l'oie que la chair, le foie et la qualité des plumes, on s'est naturellement borné à propager d'un côté les races aptes à engraisser, de l'autre les races blanches.

Le canard (*Anas boschas*), qui a été placé dans des conditions plus variées, présente un plus grand nombre de races. Sa domestication est plus récente que celle de l'oie. Isidore Geoffroy et Dureau de la Malle la font remonter seulement au temps de Varron et de Columelle, c'est-à-dire au Ier siècle de notre ère. A cette époque, les canards étaient encore assez peu privés pour que l'on fût obligé de couvrir d'un filet, afin de les empêcher de s'en échapper, les bassins où on les retenait. Depuis, ils ont perdu presque complétement l'usage du vol.

Les expériences d'un amateur anglais, M. Hewit, viennent corroborer les témoignages historiques, en ce qu'elles tendent à prouver que toutes les races des canards domestiques descendent bien de cette race sauvage que nous voyons dans nos marais. M. Hewit voulait avoir des individus à port élégant. Pour les obtenir, il faisait couver les œufs de canards sauvages : mais, dès la troisième génération, il remarquait une altération marquée des caractères primitifs. La taille devenait lourde, les pattes se raccourcissaient et perdaient leur finesse, enfin les couleurs vives du plumage disparaissaient. M. Hewit n'a malheureusement jamais observé plus loin que la sixième génération. La dégénérescence était alors si grande, qu'il constatait la réapparition du type domestique. En Suède, des expériences analogues ont permis d'observer des modifications dans le même sens, mais moins rapides. Les races de canards sont, je vous l'ai dit, bien plus nombreuses et bien plus tranchées que celles d'oies. En général, le type a grossi et a pris de la tendance à l'engraissement.

Darwin les rapporte à quatre souches, c'est-à-dire à ce que nous appellerions quatre branches maîtresses issues du tronc qui représente pour nous l'espèce. Le plus curieux de ces types est le canard pingouin, chez qui l'ensemble de l'appareil locomoteur lui-même a été modifié, au point que, lorsque cet animal veut courir, il se dresse sur ses pattes de façon à réaliser la station verticale, que nous savons déjà être commune à l'homme et au pingouin. Je vous signalerai encore

le canard à bec courbe. Ici le profil du crâne et de la face dessine en dessus une ligne très-convexe, au lieu d'une ligne concave que présente le canard sauvage.

Pour toutes les espèces dont nous venons de parler, la domestication est récente, ou, tout au moins, nous avons des documents historiques qui nous permettent de remonter à l'origine des races domestiques ainsi qu'aux souches sauvages rconnues comme telles sans contestation. Il n'en est pas de même pour deux groupes dont nous allons nous occuper avec quelques détails, les races de pigeons et les races gallines, et la question devient par conséquent plus difficile. La réponse n'en sera pas moins positive.

La domestication des pigeons est certainement l'une des plus anciennes. Darwin cite Lepsius et Birch, qui trouvent les pigeons domestiques mentionnés dès la cinquième dynastie égyptienne. Le dernier les a même rencontrés dans le menu d'un repas donné sous la quatrième dynastie. Les livres saints les plus anciens, la *Genèse*, le *Lévitique*, en font mention. Aussi pouvons-nous dire que cette espèce a été élevée en domesticité d'une manière ininterrompue depuis six mille ans. Or le temps est déjà, dans de certaines conditions que nous étudierons plus tard, un grand modificateur. Mais, dès à présent, il est facile de comprendre que la mode, le caprice et la curiosité doivent exercer une action considérable sur la formation des races en faisant choisir et conserver soigneusement les formes auxquelles on attache quelques idées de beauté et de rareté. Toutes ces causes de multiplication se sont rencontrées pour l'espèce qui nous occupe, et leur intervention explique la multiplicité des races colombines.

Déjà du temps de Pline, au Ier siècle de notre ère, les Romains s'occupaient des pigeons avec une ardeur digne de nos amateurs modernes, au point qu'il y avait à Rome, pour ces oiseaux, comme en Angleterre pour les chevaux, de véritables livres de généalogie. La race de Campanie était, paraît-il, recherchée par-dessus toutes les autres.

Dans l'Inde, le goût pour les pigeons a été de tout temps extrêmement prononcé. En 1600, le grand conquérant Akber-Khan se livrait avec passion à l'élève de ces oiseaux et s'en faisait envoyer de toute l'Asie. De magnifiques volières mobiles, pouvant contenir vingt mille individus, le suivaient partout. Il passe même pour avoir le premier amélioré et créé des races par le croisement.

Tavernier (1677) et Chardin (1735) nous rapportent qu'en Perse, élever des pigeons n'était permis qu'aux seuls musulmans et sévèrement interdit aux chrétiens. Il y eut même des apostasies provoquées par le désir de participer à ce privilége. Moore, cité par Darwin, raconte qu'au Maroc, à peu près à la même époque, l'empereur comptait parmi ses officiers un gardien des pigeons. Plus récemment, la duchesse de Berry en avait également un à qui l'on doit un ouvrage sur les races colombines. Bien plus anciennement déjà, avant de se passionner pour les tulipes, les Hollandais avaient imité les Romains. Aujourd'hui, partout on s'occupe des pigeons, à Ceylan, où certains amateurs s'efforcent de réunir toutes les espèces, comme en Chine et au Japon, où les bonzes n'ont pas d'occupation plus favorite. Enfin l'Angleterre et les États-Unis fourmillent d'éleveurs. Ceux de Londres ont fondé trois clubs.

Du moment que les pigeons ont réussi à captiver l'attention de cette classe d'hommes de loisir que l'on appelle les amateurs, nous ne devons pas être surpris que le nombre des races se soit prodigieusement accru. Akber en comptait dix-sept. Buffon ramène leur nombre à douze, mais il ne connaissait pas les races d'Asie; Boitard le porte à vingt-quatre. Il ne s'agit, bien entendu, que de divisions du premier ordre, représentant les maîtresses branches de notre arbre figurant l'espèce. Ainsi Buffon admettait treize races secondaires de grosse-gorge, sept de mondain, etc. Darwin parle de cent cinquante races et déclare ne pas les connaître toutes.

De l'un de ces groupes à l'autre, les formes sont parfois très-différentes, comme le prouvent les dessins que j'ai fait mettre sous vos yeux. Vous voyez combien le grosse-gorge anglais s'éloigne par son port et son ensemble du pigeon ordinaire, et surtout du messager anglais. Si les barbes et les culbutants paraissent moins distants de ce dernier type, ils s'en écartent pourtant considérablement par les modifications que présente la forme du bec. Or c'est le bec qui remplace les os maxillaires. Il ne s'agit donc point ici seulement de différences dans les formes extérieures; le squelette lui-même a été atteint dans le nombre et dans les proportions de ses parties.

En présence de variations pareilles, on est tout naturellement amené à se demander si des individus aussi différents sont les représentants d'une espèce unique, ou s'ils doivent être rapportés, au contraire, à plusieurs types d'espèces. Il n'est pas d'éleveur qui ne tranche aussitôt la question en disant de tous les groupes présentant des différences de formes notables : ce sont autant d'espèces. Rien de plus naturel que cette réponse dans la bouche de gens qui ont l'habitude de juger d'après la forme seule. Mais les naturalistes comprennent bien mieux ce que la question a de difficile et de délicat, et Buffon lui-même s'est posé le problème.

Il fut amené par ses études à admettre comme souche principale de nos pigeons domestiques le biset (*Columba livia*, L.). Mais il pensait aussi que le ramier (*Columba palumbus*) avait mêlé son sang à celui des pigeons sauvages. Il croyait donc à une origine double, en admettant la possibilité de races hybrides. Nous reviendrons plus tard sur cette dernière opinion pour en discuter la valeur.

Cuvier rapportait de même au biset la plupart des races de pigeons; mais il inclinait à croire que quelques espèces voisines s'étaient mêlées à cette souche principale. Il supposait des souches plus nombreuses et faisait intervenir plus de races hybrides que Buffon. Ce fait est d'autant plus remarquable, que Cuvier se mettait ainsi en contradiction avec certaines de ses propres idées au sujet de l'hybridation.

La plupart des naturalistes postérieurs avaient adopté l'opinion préconisée par Buffon et par Cuvier, lorsque d'autres considérations amenèrent des doutes dans l'esprit d'Isidore Geoffroy, et le conduisirent à réagir le premier contre cette tendance générale. Il reconnut un nouvel examen nécessaire, et s'adressa non plus seulement aux caractères extérieurs, mais à des phénomènes physiologiques dont ni Buffon ni Cuvier n'avaient eu connaissance. Il constata d'abord que dans les races les plus différentes par la coloration, on voyait reparaître de loin en loin les caractères de la *Columba livia*, c'est-à-dire de ce biset reconnu déjà d'un commun accord comme constituant une souche principale. Il remarqua aussi que les croisements entre les races les plus distinctes étaient suivis d'une fécondité absolue. Ces deux observations firent qu'il conclut à la très-grande probabilité de l'unité d'origine.

Le témoignage d'Is. Geoffroy est d'autant plus important sur ce point, que, dans tous ses écrits, en partie peut-être pour

combattre les idées générales de Cuvier, il laisse percer sa tendance à multiplier les faits d'unions fertiles entre espèces différentes. Il était dès lors à désirer que la question fût étudiée à fond avec tous les éléments nouveaux de solution, car elle ne se présentait plus isolément. Ce travail important, Darwin l'a entrepris et accompli d'une manière remarquable. Désireux tout d'abord de s'entourer de tous les renseignements possibles, il a formé une collection personnelle de pigeons vivants ou morts; il s'est lié avec les amateurs, s'est affilié à leurs clubs de Londres, et a profité du retentissement qu'avaient donné à son nom ses idées sur l'origine des espèces pour obtenir des colonies les plus éloignées des spécimens des *races* les plus diverses.

Enfin, après avoir scrupuleusement étudié les variations de forme et de couleur, en y joignant les modifications ostéologiques, il s'est prononcé pour l'unité d'origine des pigeons, et a regardé le biset comme en étant la souche unique, non sans fournir en même temps des preuves incontestables à l'appui de sa conclusion. Les raisons qu'il donne peuvent se ramener à cinq ou six chefs :

1° *Il* part tout d'abord de cette idée que lorsque entre deux formes très-distinctes on peut trouver autant de formes intermédiaires insensiblement nuancées que l'on veut, tous les naturalistes sont d'accord pour rapporter à une seule espèce les deux types ainsi reliés, surtout quand les caractères que présentent les termes de la série s'entrecroisent fréquemment. Or, Darwin partage les pigeons domestiques en quatre groupes, et ceux-ci en onze races principales :

	Groupes.		Races.
Columba livia (*Linn.*)	I		Grosse-gorge anglais.
	II		Messager anglais.
			Runt.
			Barbe.
	III		Paon.
			Hibou africain.
			Culbutant courte face.
			Dos frisé indien.
			Jacobin.
	IV	Tambour	Rieur.
			Dos frisé anglais.
		Coquille	Heurté.
			Hirondelle.
			Pigeon de colombier.

Puis il montre que l'on peut, par des nuances insensibles, revenir à la *Columba livia* même, sans sortir de certains groupes pris isolément. Il montre surtout que l'on peut, par l'ensemble des grosses-gorges, arriver aux sous-races du quatrième groupe, aux hirondelles, aux coquilles, aux pigeons de colombier, qui sont presque identiques avec le biset.

2° Darwin s'appuie en second lieu sur des faits de divers ordres empruntés à la coloration. Je me borne à vous en citer deux. Chez les races les plus anomales, on voit reparaître accidentellement certains caractères de coloration du biset, et même certains accidents naturels, tels que la variation du blanc au bleu sur le croupion, ainsi que les taches noires sur les rectrices des ailes. Quand on croise des races très-différentes pour la couleur, on voit au bout de la troisième génération reparaître sur un certain nombre d'individus les caractères du biset, comme s'il y avait eu, par le fait du croisement, neutralisation des caractères acquis et retour au type primitif.

3° Le grand nombre de races domestiques de pigeons est un nouvel argument en faveur de leur unité spécifique. En effet, si les onze races de Darwin ne résultent pas des variations d'un type unique, elles doivent toutes être rapportées à des espèces distinctes. Or, aucune espèce vivante ne ressemble aux grosses-gorges, aux paons ou aux messagers. Il faudrait donc admettre que l'homme a pris en entier toutes ces espèces à la nature pour les domestiquer, puisqu'on n'en retrouve qu'une seule, le biset.

L'extermination de tant de souches est bien peu probable. Vous savez quel temps les Anglais ont mis pour se débarrasser du loup. Anéantir une espèce d'oiseaux serait autrement difficile, et le biset lui-même n'a pu être détruit dans desî peu étendues, comme les îles Feroë, où on lui fait une chasse incessante. A plus forte raison, une espèce analogue ne pourrait-elle avoir été extirpée d'un continent.

4° Que dire de la nature des races dont nous avons parlé ? N'est-on pas obligé d'avouer que plusieurs d'entre les plus distinctes formeraient des genres bien plutôt que des espèces, si l'on n'était pas invinciblement, instinctivement amené à les confondre en leur attribuant une même origine. Certes, l'ornithologiste qui constaterait entre des groupes sauvages des différences de l'ordre de celles que nous avons signalées, en ferait, sans hésitation aucune, des caractères de genres.

5° Il est une dernière série de faits que Darwin cite à l'appui de son opinion, et qui ne pourront être bien compris de vous que lorsque nos études postérieures leur auront assigné dans vos esprits toute leur valeur; ce sont des phénomènes de croisement. Toutes les races de pigeons sont fertiles entre elles et donnent naissance en se mariant à des produits féconds à leur tour. Souvent même le croisement accroît la fécondité.

Darwin a multiplié les expériences sur ce point, et l'on doit lui en savoir gré. Il a réuni dans un seul oiseau le sang de cinq races des plus distinctes, sans que la fécondité ait été altérée. C'est là un résultat capital sur la valeur duquel, je le répète, vous serez mieux édifiés par la suite. J'ajouterai seulement que s'il s'était agi d'espèces et non de races, la fécondité aurait trouvé bien vite une limite qui n'eût pas permis de pousser l'expérience aussi loin. En résumé, le travail si complet et si bien fait de Darwin conduit à la fois par la logique, par l'expérience et par l'observation, à admettre l'unité d'espèce des races colombines.

Les pigeons, il est vrai, se prêtaient d'une manière tout à fait favorable aux expériences du savant anglais. En effet, ces oiseaux s'apparient, comme vous savez, et se gardent généralement une fidélité réciproque. Il est donc facile de marier deux à deux des types différents et de suivre à la fois un grand nombre d'expériences. De plus, ils se reproduisent très-vite, en sorte que l'observation peut, au bout d'un temps assez court, embrasser plusieurs séries de générations.

Je vous parlerai enfin des races gallines, dont l'histoire est très-semblable à celle des pigeons. Elles ont été très-anciennement domestiquées en Asie. Ainsi le *Zend-Avesta*, un des plus anciens monuments littéraires que nous possédions, recommande au nom d'Ormuz, à tout vrai croyant, d'élever chez lui un bœuf, un chien et un coq.

Les lois de Manou, qui nous reportent au moins à 1200 ans avant notre ère, défendent l'usage du coq domestique comme aliment, mais autorisent celui du coq sauvage.

Enfin, l'encyclopédie chinoise signale, 1400 ans avant notre

ère, l'importation du coq des provinces de l'ouest. Ce gallinacé ne paraît pas avoir été connu en Grèce du temps d'Homère, mais il le fut, sans aucun doute, bientôt après, puisqu'il en est question dans la *Batrachomyomachie*, ce poëme qui a été pendant si longtemps attribué à l'auteur de l'Iliade, et qui date du IXe siècle avant notre ère.

Les races gallines paraissent être arrivées en Italie 600 ans av. J. C. César les rencontra dans l'île de Bretagne. Cependant elles n'étaient certainement pas arrivées dans l'Europe occidentale avec les premiers colons de l'époque antéhistorique, attendu que Rutimeyer n'en a retrouvé aucun débris dans les cités lacustres.

Quoi qu'il en soit, l'espèce compte aujourd'hui des races fort nombreuses. Vous avez pu juger par vous-mêmes des différences qu'elles présentent par l'examen d'un certain nombre d'entre elles, soit au Muséum, soit au Jardin d'acclimatation, soit dans les expositions de volailles qui ont eu lieu ces dernières années. Il serait fort à désirer que l'on essayât, à la suite de l'un de ces concours de races très-différentes, une classification analogue à celle des pigeons. Mais l'auteur de cette dernière, Darwin, a reculé devant la réalisation d'une pareille tâche, il s'est borné à indiquer treize races principales avec quelques sous-races. Voici le tableau qu'il en donne :

Races.	Sous-Races.
De combat.	
Malaise.	
Cochinchinoise.	
Dorking	coloré.
	blanc.
Espagnole	Andalouse.
Hombourg	pailleté.
	barré.
Huppée	Sultan.
	Ptarmigan.
	Ghoondook.
	Crèvecœur.
	Cornue.
	Houdan.
	Guelderland.
Boulan.	
Sans croupion.	
Sauteuse ou rampante.	
Frisée ou cafre.	
Soyeuse.	
Nègre.	

Ici encore les variations sont très-étendues, et portent non-seulement sur les caractères extérieurs tels que la couleur, la nature des plumes, les crêtes, les huppes, mais aussi sur des organes intérieurs. C'est ainsi que les variations de la forme du crâne peuvent être assez considérables pour réagir sur la conformation du cerveau, tout en constituant un caractère héréditaire. Je vous citerai encore la modification pigmentaire que l'on rencontre chez les poules nègres.

Nous ne pouvons échapper, à propos de ces races si différentes, à la question que nous nous sommes posée avec Darwin au sujet des pigeons. Les races gallines doivent-elles être rapportées à une seule ou à plusieurs espèces ?

Ici encore les éleveurs qui n'apprécient que les formes extérieures, répondent qu'il y a autant d'espèces que de groupes morphologiquement distincts. Quant aux naturalistes, ils ont hésité entre trois souches : le *Gallus bankiva*, le *Gallus Sonneratii* et le *Gallus Stanleyii*. Elles sont toutes les trois originaires de l'Inde, et peuvent *à priori*, par la taille, par le port et la couleur, se disputer la préséance. Cependant comme les deux dernières occupent dans la nature une aire moins étendue que la première, il y aurait déjà une présomption en faveur de celle-ci, dont plusieurs caractères se retrouvent, en outre, chez certaines races domestiques.

Ce n'est pas tout : guidé par des considérations extérieures, Temminck avait été conduit à se prononcer pour le coq bankiva. Isidore Geoffroy adopta cette opinion ; mais Temminck admettait en même temps l'intervention du *Gallus giganteus* ou coq Iago, en qui il voyait une nouvelle espèce indienne. D'un autre côté, Darwin fait observer que Marsden, qui, le premier, a décrit ce coq, l'a signalé comme une race toute domestique, et la vue des échantillons qu'en a reçus le British Museum n'a fait que le confirmer dans cette idée.

L'opinion de Temminck doit donc se réduire à sa première partie, par laquelle il rattache nos races gallines au seul *Gallus bankiva*. Darwin ajoute quelques considérations qui viennent lui donner une confirmation nouvelle. Le coq bankiva a une aire d'habitat plus étendue que les deux autres types ; on le trouve sur les versants de l'Himalaya, à des hauteurs considérables; il s'étend de là à l'archipel malais et jusqu'en Perse, *où il est* peut-être à l'état sauvage. Enfin il a donné naissance dans l'Inde à des races domestiques qui diffèrent autant de lui que peuvent faire les nôtres.

Mais voici les expériences les plus décisives dans le même sens. Les deux autres prétendues souches, le Sonnerat et le Stanley, ont été croisées avec les races domestiques ; le croisement a été peu fécond, et les métis complétement stériles. Le même croisement avec le bankiva s'est montré très-fécond et a donné des métis féconds eux-mêmes. Or, c'est là le grand critérium pour distinguer les races des espèces; et Darwin lui-même, qui, sur ce point, fait en principe des restrictions importantes, déclare qu'il ne saurait y avoir ici doute.

Je me borne à ces courts détails. Pour terminer l'histoire des races gallines, je n'aurais plus qu'à répéter ce que j'ai dit à propos des pigeons. Darwin, en particulier, a croisé un coq espagnol, représentant une race pure et d'origine certaine, avec des races tout à fait différentes par la couleur. Dès les premières générations se sont présentés des phénomènes de coloration de nature à rapprocher les métis du coq bankiva. Ici encore le croisement avait donné une neutralisation des caractères de races et facilité le retour aux caractères spécifiques. Enfin, des recherches historiques ont convaincu Darwin que toutes les races de coqs ont été cent fois croisées et de mille manières, et qu'il en est toujours résulté des unions fécondes et des métis féconds. L'unité d'origine est donc aussi démontrée pour les races gallines que pour les pigeons.

XI

Races animales domestiques.

Nous arrivons aujourd'hui à l'étude des races domestiques chez les mammifères, étude parallèle à celle dont les oiseaux ont été l'objet dans notre dernière séance, mais autrement importante à bien des égards. Nous rencontrons en effet, au moins chez les mammifères supérieurs, toutes les parties de notre propre corps. Ce qui distingue l'homme du chien ou du bœuf, par exemple, ce n'est pas la diversité des fonctions, puisqu'elles sont identiques, mais seulement des différences morphologiques et la disposition différente des mêmes appareils. Voilà pourquoi la médecine et la physiologie s'éclairent

avec raison des expériences faites sur les animaux. De notre côté, les comparaisons que nous aurons à faire, au double point de vue anatomique et physiologique, entre les mammifères et l'homme pourront être portées très-loin et souvent poursuivies jusque dans les détails les plus intimes.

Ce n'est pas tout. Ici, bien plus que partout ailleurs, nous allons trouver de véritables manifestations intellectuelles se mêlant fréquemment à l'instinct proprement dit. Nous les verrons s'accuser parfois dans un sens tellement particulier, que nous devrons en faire des caractères de races. Vous comprenez dès lors quels termes de comparaison nous en tirerons, lorsqu'il s'agira d'apprécier chez les races humaines la valeur de phénomènes du même ordre.

Malheureusement, les difficultés croissent à mesure que de plus sérieux enseignements sont attachés à leur solution. Il y a pour cela plusieurs raisons.

D'abord, pour un trop grand nombre d'espèces de mammifères, l'absence de documents historiques est complète. L'époque de leur domestication se perd si bien dans la nuit des temps, qu'il est impossible d'avoir recours aux données de cette nature. L'éloignement des points géographiques où se sont rencontrés pour la première fois l'homme et plusieurs souches de mammifères apporte une nouvelle difficulté, en nous mettant souvent dans l'impossibilité de comparer nos souches dérivées à la souche sauvage. Parfois les dérivés récemment apparus au milieu de nous ne suffisent pas pour former ces séries dont les termes, par leurs caractères insensiblement gradués, conduisent le naturaliste d'un type à un autre. Ainsi le temps et l'espace, ces deux grandes causes de modification, sont intervenus pour rendre difficile et parfois impossible de relier certaines formes extrêmes à leur point de départ commun. Il faut ajouter aussi que la multiplicité des types dérivés, favorisée par l'ancienneté d'une espèce, et par les conditions de milieu si diverses auxquelles elle a été soumise, vient créer une nouvelle source d'embarras, surtout si l'on remarque que plusieurs des formes que nous avons sous les yeux sont très-différentes de la forme sauvage correspondante. Cela est si vrai, qu'il a fallu les observations des voyageurs les plus sagaces, et le développement de nos relations avec les pays les plus lointains, pour nous donner des renseignements décisifs sur certaines espèces, et pour nous permettre de rattacher à un type sauvage commun bien des formes souvent très-distantes que nous trouvons dans des animaux vivants chez nous à l'état de domesticité.

Un élément tout nouveau ajoute encore aux causes d'hésitation et d'erreur que je viens d'énumérer. Jusqu'à ces derniers temps on ne pensait pas que l'étude des races domestiques dût être poursuivie au delà de la période géologique actuelle, parce qu'on ne croyait pas à l'apparition antérieure de l'homme. Mais, aujourd'hui, l'existence de l'homme quaternaire ne fait plus l'objet d'un doute, et celle de l'homme tertiaire est presque aussi certaine. Déjà on poursuit ses vestiges jusque dans les terrains de la période miocène.

Or, il est peu probable qu'antérieurement à notre époque, l'homme ait toujours vécu seul, sans aucun des auxiliaires qu'il s'est donnés de toute antiquité pendant la période actuelle. Il n'est pas plus vraisemblable que ses premiers compagnons aient péri en totalité lors de la dernière révolution de notre globe, tandis que leur maître seul y survivait. Il est donc fort possible que quelques-uns au moins de nos animaux domestiques aient leur souche parmi les espèces contemporaines des premiers hommes, et, par conséquent, leur point de départ dans une période géologique antérieure à celle où nous vivons.

Mais il peut aussi se faire que parmi ces espèces antéhistoriques, il s'en trouve dont les représentants typiques aient disparu, ne pouvant supporter les changements qui ont accompagné les révolutions de notre globe. On comprend donc que la souche même de quelques-uns de nos compagnons actuels puisse être depuis longtemps anéantie et n'existe plus qu'à l'état fossile.

S'il en est ainsi, nous sommes réduits, dans l'étude de ces questions d'espèce et de race, aux seules données morphologiques que nous fournit le squelette. Or, si l'homme, à l'époque de l'existence de ces souches sauvages, s'est entouré d'animaux soumis et domestiqués par lui, il est bien probable qu'il est arrivé alors ce qui se passe aujourd'hui. Il a dû se former des races multiples, présentant des modifications peut-être considérables du type originel. Ces modifications peuvent porter jusque sur le système ostéologique. Voilà donc une grande cause d'incertitude et d'erreur, puisque, n'ayant d'autres éléments de conclusion que le squelette, nous pourrons être exposés à considérer comme types de deux espèces, ou même de deux genres, deux formes que nous rapporterions peut-être à deux races de la même espèce, si l'animal vivant était sous nos yeux.

Réciproquement, la similitude des squelettes peut accompagner des différences spécifiques parfaitement accusées. Il serait donc possible que des appréciations purement paléontologiques nous conduisissent à confondre entre elles deux ou plusieurs espèces, par suite du manque des caractères étrangers au squelette. — Tel est l'ordre nouveau de difficultés dont je voulais vous parler, et que l'on ne soupçonnait pas, je n'hésite pas à le dire, au moment où j'ai pour la première fois abordé la question de l'espèce dans cette chaire.

Heureusement la classe des mammifères, comme celle des oiseaux, nous présente un certain nombre de cas bien nets et bien précis, dans lesquels la souche sauvage existe encore à côté de nous. Nous pourrons donc rattacher à leur type initial les formes différentes de plusieurs de nos races domestiques. Ces cas simples, acceptés par tous les naturalistes, nous permettront de juger au moins par analogie, lorsque les données réellement positives viendront à nous manquer.

Des faits que je vous ai déjà signalés et de ceux qu'il me reste à vous faire remarquer dans le cours de notre étude des races animales, je vais tirer, dès à présent, une conséquence générale et fort importante.

Nous avons vu les éleveurs les plus éclairés, ceux mêmes qui, par l'intelligence et l'instruction, sont presque des naturalistes, entraînés à multiplier les espèces souches, en se fondant sur des différences morphologiques plus ou moins accusées; si bien que Darwin lui-même a remarqué chez eux cette tendance générale. D'un autre côté, nous avons vu, dans certains cas, l'histoire confirmée dans ses renseignements par l'expérience et par l'observation, nous conduire à des conclusions opposées, en nous amenant à rattacher à la même espèce plusieurs races entre lesquelles on prétendait trouver des différences spécifiques.

J'en conclus que le naturaliste, préoccupé des questions dont il s'agit ici, doit se tenir en garde contre une tendance difficile à justifier, mais qui s'explique chez certains hommes de science amenés par la nature de leurs études à se préoc-

cuper presque exclusivement de la forme et à négliger de demander aux expériences directes les données que nous avons vu qu'elles pouvaient souvent fournir. La prédisposition dont je parle pour la combattre se retrouve jusque dans quelques écrits dus à des hommes éminents, mais dont l'attention, je le répète, n'avait pas été suffisamment dirigée sur la distinction d'espèce et de race. Nous avons à contrôler leurs assertions et à modifier leurs conclusions, avec lesquelles les nôtres seront parfois en désaccord.

Or, au fond de nos dissentiments, vous trouverez toujours ce fait que nous distinguons l'*espèce* et la *race*, tandis que les naturalistes dont il s'agit oublient ou négligent constamment cette considération capitale. Ce fait que je signale à regret me semble surtout difficile à expliquer chez les hommes éminents qui ont, dans ces dernières années, étudié les animaux domestiques des temps antéhistoriques. Dès que l'homme intervient, dès qu'il s'associe des animaux, dès qu'il les transporte avec lui, n'est-il pas évident qu'en présence d'une forme animale nouvelle, la première question à s'adresser est celle-ci : Est-ce une *espèce* ou une *race?*

Pour se convaincre de la nécessité d'envisager à ce point de vue les questions dont il s'agit, il suffit de supposer que l'homme actuel soit enseveli avec ses animaux de ferme et de basse-cour. Si le paléontologiste futur qui étudierait ces restes s'en tenait aux études morphologiques et à la *notion de l'espèce*, voyez quelles seraient les conséquences de sa méthode. Que d'*espèces* de pigeons, de canards, de bœufs, de moutons, de chiens, n'admettrait-il pas! Que d'erreurs, par conséquent, ne commettrait-il pas, pour ne pas s'être demandé : Sont-ce des *espèces* ou des *races?*

Le lapin est, sans contredit, un des mammifères qui se présentent dans les conditions les plus favorables à notre point de vue. Ici, pas de doute possible; tous les naturalistes acceptent pour père de notre lapin domestique le lapin sauvage qui vit partout autour de nous.

Seul, mon éminent confrère, M. Gervais, élève quelques doutes sur cette origine, en alléguant les différences de taille et même de proportions qui existent entre plusieurs types de lapins sauvages, suivant qu'ils vivent dans nos garennes ou sur nos montagnes, dans les dunes ou dans les champs cultivés. Mais nous verrons que si des différences de cet ordre devaient suffire pour distinguer plusieurs espèces, on arriverait à en trouver un nombre certainement exagéré. Il est évident que ce sont là seulement des différences de race, produites par l'action des agents naturels et de l'ordre de celles qui distinguent les races sauvages dont nous avons parlé.

Le nombre des races domestiques de lapins est très-considérable. Malheureusement, l'histoire des animaux domestiques est encore à faire presque en entier, et il y a un grand nombre de ces races qui ne sont pas méthodiquement établies. Il ne suffit pas, pour le lapin, de connaître celles qui vivent en Europe; il faudrait y joindre celles que l'on trouve jusque dans l'extrême Asie.

Je vais cependant dire quelques mots sur les particularités que présentent les types principaux. Les diverses expositions où cet animal a figuré vous ont permis de constater des variations très-grandes. Je parlerai d'abord de celles qui ont trait à la taille et au volume.

On peut les considérer comme mesurées par le poids. Or, suivant Darwin, le lapin sauvage anglais pèse environ trois livres; Le lapin anglais à grandes oreilles pèse de huit à dix livres, et notre lapin-lièvre de France, de douze à quatorze. Darwin cite même un individu à grandes oreilles dont le poids atteignait dix-huit livres, égalant par conséquent six fois le poids de l'animal sauvage.

Quant aux caractères extérieurs, ils diffèrent beaucoup. Le pelage varie du noir au blanc; en outre, il y a des races d'une couleur uniforme, des races à robe tachetée, maculée de plaques, multicolores, fauves, d'un gris argenté, etc.

A côté de ces nuances si disparates, les variations des oreilles augmentent encore le nombre des races. Chez le lapin-lope, cet appendice s'exagère au point que Darwin en cite qui, d'une extrémité à l'autre, mesuraient vingt-deux pouces, soit 55 centimètres. En revanche, M. Gervais signale une autre race tout à fait dépourvue d'oreilles. Anderson en cite une troisième avec une oreille unique; enfin, chez le lapin demi-lope, un seul de ces organes s'exagère, et nous voyons apparaître ainsi, pour la première fois et comme un caractère héréditaire, un certain trouble dans la symétrie des organes.

L'histoire du lapin présente plusieurs faits importants. J'y reviendrai plus tard, en vous parlant des races redevenues libres après avoir vécu un certain temps dans l'état de domestication. Je puis donc me borner à vous en citer un qui trouve ici sa place naturelle, et que j'emprunte au remarquable ouvrage publié par Darwin sur les animaux domestiques.

Il existe une race entièrement domestique qui a particulièrement attiré l'attention des éleveurs et des amateurs : c'est le lapin dit himalayen, chinois, polonais ou russe, toutes dénominations qui lui assignent au moins une origine éloignée. Cette race est remarquable par ses caractères héréditaires de coloration. Le type est complétement blanc, sauf les oreilles, les pattes, le bout du museau et la partie supérieure de la queue, qui sont d'un brun noirâtre. Ces caractères, je le répète, sont absolument héréditaires, et se rencontrent chez des individus qui présentent d'ailleurs des proportions à peu près fixes. On avait fait de ce groupe une espèce distincte du *Lepus cuniculus*, le *Lepus nigripes*. Or, en 1857, on annonça que, par de simples croisements, on pouvait obtenir cette prétendue espèce. Le premier procédé indiqué était assez compliqué. Il fallait, disait-on, croiser le métis du lapin gris argenté et du lapin commun avec le métis du chinchilla et du lapin noir ordinaire, et l'on obtenait enfin le type himalayen avec ses caractères héréditaires.

Un Anglais, M. Bartlett, frappé de ce résultat obtenu par un éleveur que Darwin ne nomme pas, résolut de le vérifier, et s'aperçut en même temps qu'il suffisait de marier le lapin chinchilla avec le lapin gris argenté pour obtenir toujours quelques lapins himalayens, qui transmettaient fidèlement leurs caractères à leurs descendants. Ainsi nous voyons une prétendue espèce, dont on disait la souche très-éloignée, résulter chez nous d'un simple accident de croisement de nos vieilles races.

Ces races de lapins si nombreuses et si différentes ne sont pas seulement séparées par les caractères extérieurs. Elles présentent aussi des différences anatomiques. Darwin représente dans son ouvrage, à côté l'un de l'autre, un crâne de lapin sauvage et un crâne de lapin à grandes oreilles. Le premier coup d'œil suffit pour remarquer la tendance de la boîte osseuse à s'allonger chez ce dernier, à s'écraser et à se renfler chez le lapin sauvage. J'ai pris sur ces dessins la longueur des diamètres antéro-postérieurs et transversaux, et j'ai trouvé, pour le rapport du plus petit diamètre au plus grand 0,476

dans le premier cas, et 0,555 dans le second. La différence est de 0,079, c'est-à-dire qu'elle suffirait, s'il s'agissait de deux crânes humains, pour passer de la série des brachycéphales à celle des dolichocéphales, la première étant représentée par le crâne de lapin sauvage. Certainement, à agir comme les paléontologistes auxquels je faisais tout à l'heure allusion, ces crânes considérés isolément conduiraient à faire *deux espèces* très-distinctes de ces *deux races d'une seule et même espèce*.

Remarquez que dans l'espèce qui nous occupe, la mode et le caprice ont peu agi pour faire varier le type. On s'est attaché à faire grandir le lapin, à le rendre plus charnu, ou bien à modifier le poil, qui, suivant sa qualité, fait varier le prix de la peau. En effet, on n'a jamais demandé à cet animal autre chose que sa chair et sa robe. Il est évident que du jour où la mode s'en emparerait pour chercher des formes exceptionnelles, elle amènerait bien vite l'apparition de différences encore plus notables.

En résumé, nos races domestiques de lapins très-nombreuses et très-différentes, descendent toutes d'une souche unique représentée encore aujourd'hui par le *Lepus cuniculus* de Linné. Outre les preuves que l'on pourrait invoquer à l'appui de cette opinion en montrant la facilité qu'il y aurait à relier les types les plus distincts par les formes ou par la coloration au moyen de séries insensiblement graduées, nous avons aussi des expériences prouvant que tous les lapins domestiques se croisent entre eux et se marient également avec le lapin sauvage. La physiologie et la morphologie nous amènent ainsi à la même conclusion.

Si, dans l'exemple précédent, on a pu conclure avec une entière certitude, c'est que la souche sauvage est voisine de nous, et que des expériences, volontaires ou dues en partie au hasard, ont montré l'identité spécifique de races très-éloignées. L'âne, quoique placé dans des conditions moins favorables, va nous conduire au même résultat.

L'âne a été très-anciennement connu et domestiqué dans le sud-ouest de l'Asie et en Égypte. Abraham en recevait en présent dans ce pays, deux mille deux cent cinquante ans avant notre ère. Il y était domestiqué avant le cheval. Ce fait s'explique par la distribution géographique des souches sauvages de ces deux espèces qui, aujourd'hui, ont fait côte à côte le tour du monde.

L'âne sauvage, ou onagre (*Equus asinus*), s'étend des montagnes de la région sud-ouest de la Perse jusqu'en Abyssinie, au nord-est de l'Afrique. Bien que le prince Charles Bonaparte le nie, Isidore Geoffroy l'a parfaitement prouvé. L'âne a d'ailleurs peu varié. C'est qu'en général on ne lui a demandé qu'une chose, porter ou traîner des fardeaux.

En outre, on l'a très-justement appelé le cheval du pauvre. C'est assez dire qu'il n'a eu, en général, affaire ni à la mode ni au caprice qui se sont emparés des espèces de luxe. Cependant, dans certains pays où il est passé dans cette dernière catégorie, on l'a vu acquérir des caractères spéciaux.

Ainsi, en Orient et en Sicile, cet animal est recherché comme monture par les classes riches. En Perse, les grands du pays n'en ont pas d'autres, et j'ai vu moi-même, en Sicile, la noblesse palermitaine préférer l'âne au cheval et acheter fort cher les ânes de Pentélerie.

D'un autre côté, l'industrie mulassière a créé et conservé en France la race des grands ânes du Poitou, qui ont figuré à Paris à l'Exposition, au grand étonnement de tous ceux qui leur voyaient cette taille égalant celle des chevaux moyens.

A l'autre extrémité, pour la taille, se trouvent les petits ânes de l'Inde. Darwin, qui les a vus, leur donne vingt à trente pouces, c'est-à-dire $0^m,57$ ou $0^m,76$ de hauteur, ce qui est à peu près la taille d'un beau terre-neuve.

La taille n'est pas seule à varier. Chez l'âne du Poitou, les oreilles s'exagèrent et l'animal les porte horizontales. Ces mêmes animaux sont aussi remarquables par la longueur et l'aspect rude et inculte de leur poil. Les proportions varient de même. Tandis que l'âne du Poitou se distingue par sa haute taille, ses jambes fortes et grossières, sa forme générale efflanquée, l'âne de Pentéleric, beaucoup moins grand, présente des formes robustes, arrondies et des jambes fines.

En résumé, l'âne, placé dans des conditions peu faites pour modifier son type primitif, et soumis pour ainsi dire aux seules causes naturelles de variation, présente cependant des différences de race très-sensibles. D'un autre côté, tous les naturalistes s'accordent pour le rattacher à l'onagre de Perse ou à l'âne d'Abyssinie, reconnaissant ainsi que nos races domestiques proviennent d'une souche unique.

A côté de l'âne il est rare que l'on ne rencontre pas le cheval, et, à notre point de vue, les deux espèces peuvent se mettre à peu près sur la même ligne. Cependant l'unité d'origine des races chevalines n'est pas admise avec l'unanimité que nous avons remarquée lorsqu'il s'est agi de l'âne. Certains auteurs ont émis une opinion différente; mais nous voyons en même temps chez eux cette tendance générale à multiplier les espèces sur la seule comparaison des caractères de coloration.

C'est en effet en se fondant sur la couleur, que Hamilton Smith admet cinq souches distinctes pour expliquer les différences si grandes de la robe de nos chevaux. Il va même plus loin : il croit nécessaire, pour rendre compte de tout, de supposer une espèce panachée qu'il appelle l'*Equus varius*. Cette opinion est évidemment inacceptable, et Is. Geoffroy ne lui accorde d'autre réfutation qu'un point d'exclamation. Il est évident que si, pour expliquer les races à pelage panaché, il fallait remonter à un auteur distinct, on se mettrait à chaque instant en contradiction avec les faits.

Cependant l'opinion d'Hamilton Smith a été reprise plus sérieusement par un Allemand, Fitzinger, qui peut être regardé comme un des chefs de l'école morphologique. Fitzinger conclut donc à la multiplicité des espèces chevalines; mais par des considérations telles qu'elles conduiraient à admettre chez les pigeons plus de douze espèces distinctes. M. Gervais, quoique obéissant en général à la même tendance, se borne à poser des difficultés.

La question relative au cheval se complique de certains faits paléontologiques. Ses ossements sont très-abondants dans ces grottes des Eyzies qu'ont illustrées les découvertes de MM. Lartet et Christy. Ils manquent dans les *Kjökkenmöddings*. Aussi M. Dupont admet-il que cette espèce s'est éteinte chez nous à une certaine époque, et y a été ramenée plus tard. Après avoir constaté que le cheval se retrouve en France dans les couches remontant à diverses périodes géologiques, M. Gervais se demande si l'on peut admettre qu'un aussi grand nombre d'espèces aient disparu. D'un autre côté, il ne croit pas que la véritable souche sauvage se retrouve de nos jours, et il pense que les races dites sauvages de l'Asie centrale descendent de chevaux anciennement domestiqués redevenus libres.

Un Anglais, auteur d'un excellent ouvrage sur le cheval (*the Horse*), a répondu à cette dernière opinion en faisant

observer qu'il est impossible d'admettre que l'homme ait détruit la souche sauvage, précisément là même où des chevaux vivent à l'état sauvage en immense quantité. Il regarde au contraire, comme le vrai type originel de l'espèce et comme la souche de nos races domestiques, ce cheval sauvage de l'Asie centrale. Is. Geoffroy adopte entièrement cette opinion, qui me paraît aussi cadrer parfaitement avec les faits.

Remarquez que l'on n'a trouvé dans aucune autre région une espèce sauvage pouvant être regardée comme souche première. D'ailleurs, des renseignements historiques précis nous reconduisent en Asie pour nous y faire voir le point de départ de l'espèce chevaline. En effet, dans les autres contrées de l'Asie, le cheval n'est mentionné que bien plus tard. La Genèse nous en parle pour la première fois à l'époque de Joseph, au XVIe ou au XVIIe siècle avant notre ère. Salomon, au IXe ou Xe siècle, tirait encore ses chevaux d'Égypte. Ils avaient été introduits dans cette dernière contrée par Thoutmès III, un des souverains conquérants de la 18e dynastie, vers la fin du XVIIe siècle avant notre ère. Il fut longtemps inconnu dans les contrés intermédiaires; et, du temps de Mahomet, il avait à peine pénétré au cœur de l'Arabie où s'est formée depuis une des races les plus recherchées. Cela résulte clairement de ce fait que, dans l'énumération du butin, à la suite d'une victoire décisive remportée par les partisans de Mahomet, il ne figure pas un seul cheval, et l'on sait qu'en entrant en campagne, le Prophète n'en avait que deux.

Dans l'Asie centrale et orientale, au contraire, le cheval se retrouve dans les souvenirs les plus reculés des populations. Pictet, dans son magnifique ouvrage sur les Aryans primitifs, a montré que leur langue renfermait à la fois les racines des mots ἵππος et *equus*, qui sont les noms grec et latin du cheval. Ainsi cet utile mammifère était certainement connu lors de la première émigration des peuples aryans, qui durent l'emmener avec eux. Nous ne serons donc pas surpris de retrouver le cheval mentionné par le *Zend-Avesta* et par les *Vedas*. Dans ce dernier recueil, il est dit que, dès leur première apparition dans le bassin de l'Indus, les ancêtres des Hindous actuels avaient déjà des chevaux de diverses couleurs, ce qui atteste leur domestication à cette époque. En Chine, le *Chou-king* nous donne comme date précise de son importation l'an 1122 avant notre ère. Nous y voyons en effet les remontrances adressées à Wou-wang, fondateur de la dynastie des Tchéou, par un mandarin qui blâmait l'introduction de deux animaux étrangers inutiles, à son avis, le cheval et le chien. Tous deux venaient de l'Occident, de cette Asie centrale d'où nos ancêtres les Aryans avaient pris le premier pour compagnon de leurs migrations, et où nous trouvons encore aujourd'hui une race nombreuse de chevaux sauvages. Il est donc difficile d'admettre que l'espèce n'ait pas là sa patrie originelle.

Le même travail de Pictet explique aussi comment le cheval a dû être retrouvé par Rutimeyer parmi les restes d'animaux que présentent les stations lacustres de la Suisse, et qui datent de la fin de l'époque de pierre.

Nous connaissons donc une souche sauvage du cheval, et nous ne voyons pas d'espèce voisine qui ait pu mêler son sang au sien. D'un autre côté, nous voyons le cheval rayonner autour du centre où on le trouve à l'état sauvage. Il est donc bien difficile de ne pas conclure que toutes nos races domestiques dérivent de ce type sauvage, dont se rapprochent à leur tour beaucoup de chevaux redevenus libres.

Quant aux races chevalines, elles sont plus nombreuses que celles que forment les ânes. Elles sont aussi mieux étudiées cependant il n'en a pas encore été fait de classification méthodique. Le nombre des principales est de dix à douze; mais chacune comprend plusieurs subdivisions.

Je n'ai pas besoin d'insister sur les variations de la coloration ; vous en connaissez tous l'étendue. Je me bornerai à dire un mot de la taille : elle varie depuis 2 mètres, maximum atteint par les chevaux de brasseur, jusqu'à 65 ou 70 centimètres, taille des poneys shetlandais, aussi petits que les ânes de l'Inde. Martin raconte qu'un propriétaire étant allé avec un cabriolet attelé d'un cheval ordinaire acheter un de ces petits poneys, il put l'emporter dans sa voiture comme il aurait fait pour un chien. D'après une tradition qui paraît assez fondée, ces poneys seraient les descendants de chevaux andalous qui se sauvèrent à la nage ou qui furent capturés lors du naufrage de l'invincible Armada en 1588. C'est seulement depuis cette époque que les proportions de la race andalouse auraient été ainsi réduites.

Ce phénomène de décroissance devient croyable lorsqu'on le rapproche d'un autre fait qui s'est passé sur un point fort éloigné, et qui vient à l'appui d'une tradition dont on ne s'expliquerait guère d'ailleurs l'invention. En 1764, les Français voulurent s'établir aux îles Falkland ; la colonie n'eut pas de durée, et les chevaux qui avaient été importés par elle redevinrent sauvages. Leur taille, sans devenir aussi petite que celle des chevaux shetlandais, décrut cependant jusqu'à n'être plus que de 1^{m},45 en moyenne; mais surtout ils devinrent très-faibles, au point que dans le pays où ils abondent aujourd'hui, on est obligé de faire venir du continent, et à grands frais, des chevaux capables d'exécuter un travail sérieux. Dans les îles Shetland, au contraire, les poneys sont remarquables par leur force musculaire relativement considérable, puisqu'on en a vu, montés par leur cavalier, marcher toute la journée.

Les proportions des chevaux varient également beaucoup, suivant les services qu'on leur demande. Il suffit de voir successivement les magnifiques boulonnais ou les chevaux des brasseurs de Londres, bêtes aux formes herculéennes rappelant les chevaux de bronze des statuaires, et le cheval de course, vraiment taillé pour fendre l'air avec son corps efflanqué, son ventre évidé, ses jambes roides, qui en font un véritable lévrier dans l'espèce chevaline.

La tête présente aussi des variations très-grandes, qui sont autant de caractères de race. Vous savez combien les profils de certains chevaux sont différents, depuis le chanfrein busqué des races normande et navarrine jusqu'au chanfrein droit et même concave des races arabe et barbe.

Remarquons d'ailleurs que l'homme n'a demandé au cheval que deux choses : le porter et traîner des fardeaux. Or, M. Duhousset a signalé en Orient l'existence de deux formes principales, répondant par leurs caractères à chacun de ces usages, l'une courte, pour la selle, l'autre allongée, pour le trait.

Tout ce qui précède nous conduit à cette conclusion, que le cheval sauvage, *Equus caballus* de Linné, nous présente encore un ensemble de races très-distinctes, se rattachant à une souche unique.

Arm. ANGLIVIEL.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 34 — 25 JUILLET 1868

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN.

(SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE EN L'HONNEUR DE FRÉDÉRIC LE GRAND.)

M. E. DU BOIS-REYMOND

(Secrétaire perpétuel).

Voltaire physicien.

Les événements véritablement grands dans l'histoire n'ébranlent pas le monde d'une manière passagère, mais deviennent le germe de créations qui se développent sans cesse; plus notre horizon s'élargit, plus leur image devient imposante à nos yeux; et plus augmente l'espace de temps qui nous en sépare, plus ils dominent tout ce qui les entoure, de même qu'à une certaine distance on reconnaît mieux quels sont les sommets les plus élevés d'une chaîne de montagnes. Si cela est vrai, il y a peu de grandeurs historiques qui aient soutenu cette épreuve avec plus de bonheur que celle de Frédéric le Grand.

Les événements de l'an passé ont formellement consacré son importance dans l'histoire générale. On va voir se réaliser ce qui devait être sa dernière, sa plus secrète pensée dans ses *plans* d'avenir pour cet État qu'il avait fondé. La Prusse est devenue le noyau auquel s'est déjà rattachée par une solide union toute l'Allemagne du Nord, et dont la puissante attraction pour tout ce qui lui est parent ne saurait guère être arrêtée désormais. Nous entrevoyons déjà les liens qui deviendront tôt ou tard des chaînes indestructibles embrassant l'Allemagne entière. Aux endroits les plus reculés de la terre, le pavillon de l'Allemagne du Nord a annoncé le nouvel essor de la puissance du peuple germanique, et elle navigue désormais en toute sécurité, cette flotte marchande de l'Allemagne du Nord, qui occupe le troisième rang en nombre absolu, mais qui, relativement à l'étendue de nos côtes, est incomparablement la première du monde. Cette ville des armes, des sciences et des lettres, de l'industrie et de l'art, nourrie par sept artères de fer, est devenue la troisième capitale de l'Europe avec une rapidité inouïe de ce côté-ci de l'Atlantique. Depuis que le parlement de l'Allemagne du Nord a siégé dans ses murs, Berlin est déjà proclamé, en dehors de l'Allemagne, capitale de la patrie germanique.

Ce sont là des œuvres de génie comme l'histoire en a peu vues. Car ce n'est pas le bassin d'un fleuve puissant, ce n'est pas un plateau fécond en nations, ce n'est pas un continent bien conformé et baigné par l'Océan ou par une mer intérieure dans d'heureux climats, ce n'est pas une île fortunée qui fut cette fois-ci le berceau du nouvel empire. C'est dans une steppe du Nord, où une rivière de peu d'importance traverse des marécages au milieu de collines sablonneuses et couvertes de sapins, que la race des Hohenzollern, par de longues luttes au nord et au sud, à l'est et à l'ouest, et par un travail pacifique non moins pénible, a formé un peuple sérieux, tenace, vaillant et surtout éclairé. Conduit comme il l'a été naguère sur les champs de bataille depuis les Carpathes jusqu'au Rhin, la victoire ne lui manquera jamais.

La Prusse aurait pu succomber dans cette lutte, où il s'agissait de l'existence de l'œuvre de Frédéric, sans aucun préjudice pour la gloire personnelle de celui-ci, qui en fait un des premiers capitaines et princes de tous les temps; mais ce qui a été sa véritable apothéose, c'est ce triomphe définitif de la Prusse préparé par lui. Les individus sont, il est vrai, des quantités incommensurables, et c'est pour cette raison que les parallèles entre les grands hommes ont passé de mode en littérature. Cependant la tendance à comparer (c'est la comparaison seule qui peut donner la mesure) est trop profondément enracinée dans la nature humaine pour que nos réflexions ne prennent pas toujours involontairement cette direction. Qui donc fut un plus grand maître sur le sanglant échiquier de la guerre, Frédéric, ou son rival dans presque toute espèce de gloire, qui le suivit de si près dans l'ordre des temps, Napoléon Ier? Qui joua plus adroitement avec les cartes de la diplomatie? qui fut l'homme d'État le plus habile? qui fut le penseur le plus prompt et le plus juste? Qui fut le meilleur poëte, Frédéric dans ses épîtres en vers, ou Napoléon dans ses ordres du jour? Qui fut enfin le génie le plus favorisé de la nature et qui fut le mieux placé pour utiliser ses faveurs, celui qui naquit dans la pourpre ou le fils de la Révolution? Ce sont là des questions qu'on peut discuter tant que l'on voudra, et les opinions différeront suivant qu'auprès du berceau de celui qu'on interroge pendaient les peintures guerrières de Chodowiecki ou de Charlet, suivant qu'il a entendu chanter *Lénore* ou les *Souvenirs du peuple*. Mais, de même que pour la grandeur morale le roi allemand est incontestablement supérieur au héros de race latine, de même il l'a surpassé aussi, sans nul doute aujourd'hui, pour ce qui concerne la portée des résultats historiques. Napoléon a réussi à fonder une nouvelle dynastie; Frédéric sera nommé, nous en sommes sûrs dès à présent, le fondateur du nouvel empire germanique.

L'Académie, qui prétend à l'orgueilleux privilége de se sentir plus étroitement unie au grand roi que toute autre corporation de l'État, j'en excepte à peine l'armée, l'Académie ne peut pas laisser passer cette journée qu'elle célèbre en sa mémoire, sans exprimer solennellement avec quelle patriotique fierté elle voit assurée, à cet État et à cette ville, une importance

désormais incontestable, reposant sur les bases établies par lui. Mais quelle que soit la joie qu'elle éprouve au spectacle de cette gloire éclatante qui entoure son rénovateur et protecteur, comme héros et comme souverain, gloire qui rejaillit aussi sur elle-même, ce n'est pas en campagne ou au conseil d'État qu'elle se plaît surtout à le contempler. Comme l'y entraîne la nature des occupations auxquelles elle est vouée, elle préfère considérer Frédéric dans ses rapports avec les grands écrivains et savants de son siècle : elle aime à se transporter en esprit aux beaux jours de Rheinsberg; elle aime à le voir au milieu de ses illustres hôtes et amis, sous les orangers et les allées ombreuses de Sans-Souci.

Parmi ces hommes, il n'y en a aucun qui ait eu autant d'influence que Voltaire sur Frédéric lui-même et en même temps qui ait exercé sur ses contemporains une influence générale aussi puissante. Ajoutons que la manière dont son histoire se rattache à celle de cette Académie nous autorise bien à lui consacrer de nouveau une étude en cette enceinte et en ce jour. Ce sera la première fois depuis que Frédéric, il y a maintenant quatre-vingt-dix ans, fit lire, après la mort de Voltaire, son *Éloge* rédigé par lui dans sa tente, en Bohême, pendant la guerre de la succession de Bavière.

La gloire immense dont Voltaire remplissait le XVIIIe siècle, cette gloire qui fit de lui une véritable puissance, et à laquelle on peut tout au plus comparer celle d'Alexandre de Humboldt dans notre temps, contraste singulièrement avec le dédain sous lequel il a succombé pendant la première moitié de ce siècle. Ce contraste offre un double problème d'une haute importance pour l'histoire des lettres et de la civilisation : il faut rechercher la cause d'un pareil changement, et préciser de nouveau, en partant du point de vue actuel, la véritable valeur et l'influence définitive de cet homme extraordinaire. L'oubli où sont tombées ses productions poétiques, l'esprit restreint de son esthétique, le peu de profondeur de sa philosophie, les faiblesses trop connues de son caractère : tout cela ne semble pas suffisant pour expliquer le peu de cas qu'en font aujourd'hui beaucoup d'entre nous. C'est que nous sommes tous plus ou moins des voltairiens : voilà sans doute la véritable raison, quelque paradoxale qu'elle vous paraisse; nous sommes voltairiens sans nous en douter et aussi sans nous appeler ainsi; car nous le sommes seulement dans ce que le voltairianisme contenait d'éternellement vrai, et, comme Voltaire lui-même le remarque avec finesse, c'est le privilége de l'erreur de donner son nom à une secte. Son influence a eu des résultats si considérables, que ces biens idéaux qu'il s'efforça de conquérir pendant la longue durée de sa vie, avec un zèle infatigable et un dévouement passionné, en se servant de toutes les armes de l'esprit, et surtout de sa terrible ironie, que ces biens, dis-je, la tolérance, la liberté de la pensée, la dignité de l'homme, la justice, sont devenus, pour ainsi dire, les éléments naturels de notre vie, comme l'air auquel nous ne pensons que lorsqu'il vient à nous manquer : en un mot, les idées les plus audacieuses sorties jadis de la plume de Voltaire sont aujourd'hui des lieux communs.

Mais mon intention n'est pas de faire ici une étude générale sur Voltaire, qui s'est essayé, comme Gœthe, dans presque tous les genres de productions littéraires et scientifiques, et qui a touché à presque tous les domaines de l'activité pratique. Je voudrais vous présenter Voltaire sous une face peut-être moins connue parmi nous, à savoir, dans ses rapports avec la science de la nature. Il est vrai qu'il ne s'y est pas acquis cette importance extraordinaire que lui attribuent, comme historien, lord Brougham, Thomas Buckle et Louis Hausser, qui en font le premier historien de la civilisation; mais on ne saurait voir sans intérêt son talent s'essayer dans une sphère qui semble lui être tellement étrangère. On commettrait d'ailleurs une erreur, si l'on voulait regarder ces études de Voltaire comme un épisode fortuit dans sa vie; elles sont au contraire un élément essentiel du développement de son individualité intellectuelle.

A cette même époque où Frédéric se préparait en silence, à Rheinsberg, à ses futurs exploits; — où Rousseau vivait, avec Mme de Warens sous les noyers des Charmettes cette étrange idylle dont toute la magie de sa description n'a pas pu déguiser le côté ignoble; — où une petite fille, plus tard la mère de Gœthe, apprenait à tricoter à Francfort; — où un jeune élève du lycée de Schulpforta, plus tard le poëte de la *Messiade*, Klopstock, y apprenait à scander, — Voltaire avait quitté la vie agitée de Paris et s'était réfugié avec son amie, la marquise du Châtelet, au château de Cirey, en Champagne, pour se consacrer entièrement à la poésie, à l'histoire et à la philosophie. On sait que Mme du Châtelet est une des rares exceptions de son sexe qui aient possédé à fond les mathématiques. Elle avait appris le latin en un an, dans son enfance. L'estime qu'inspire son talent (non pas ses mœurs) augmente encore lorsqu'on apprend que, parmi les dames de la cour de Versailles ou de Lunéville, elle ne semblait se distinguer que par la facilité avec laquelle elle résolvait des questions qui se posaient autour de la table de jeu, et qui pouvaient être résolues à l'aide des mathématiques. Par là elle diffère essentiellement de cette Hypatia d'Alexandrie, de Laura Bassi et de Sophie Germain. Elle jouait admirablement la comédie, chantait d'une manière divine, et montait à cheval en écuyère fougueuse. On comprend aisément que le commerce intime avec la « docte Émilie » et l'atmosphère de Cirey, où se rencontraient Samuel Kœnig, Clairaut, Maupertuis, Jean Bernouilli, devaient pousser Voltaire à l'étude des mathématiques et de la physique. Mme de Graffigny nous rapporte même que, pour favoriser cette impulsion, la marquise confisqua le manuscrit du *Siècle de Louis XIV*, afin que Voltaire ne perdît pas son temps à de pareilles choses. Mais il est certain que ces influences extérieures le trouvèrent si bien préparé, qu'il put même exercer une importante réaction sur son entourage.

Lorsqu'en 1726, après l'affreux événement qui assure au nom de Rohan-Chabot une immortalité semblable à celle d'Éphialte, Voltaire se rendit en Angleterre; les théories de René Descartes étaient encore prédominantes et presque incontestées en France. Cet audacieux penseur, en brisant les chaînes de la scolastique, avait non-seulement fait un présent dangereux à une génération encore incapable de se servir de cette liberté, mais il avait aussi donné lui-même un mauvais exemple dans la façon de l'employer. L'inventeur de la *Méthode* fut le premier qui l'oublia. Il fit de grandes découvertes dans les mathématiques, où la nature même des choses mettait un frein à son imagination; mais ses erreurs paraissent d'autant plus étranges en physique, dès qu'il quitte le terrain de la pure expérimentation. Sur la constitution de la matière, sur la cause de la pesanteur, sur la nature de la lumière, sur les taches solaires, sur le flux et le reflux de la mer,

sur toute chose enfin, il émet naïvement les hypothèses les plus dévergondées, comme, par exemple, celle de la matière cannelée, par le tourbillonnement de laquelle il explique l'aimant. Mais lorsqu'une fois sa théorie eut triomphé des dogmes des péripatéticiens, elle fut elle-même l'objet d'un préjugé non moins opiniâtre. Fontenelle, le «secrétaire éternel» de l'Académie de Paris, maintient encore la théorie cartésienne, même dans son *Éloge de Newton*. Dans ses *Entretiens sur la pluralité des mondes*, aujourd'hui aussi oubliés que sa comédie empruntée à Phlégon, — qui inspira à Gœthe la *Fiancée de Corinthe*, — il avait d'ailleurs mis cette théorie à la portée de tout le monde. C'est ainsi qu'elle dominait l'Académie, la cour et la ville; et les jésuites, qui avaient presque exclusivement entre leurs mains l'éducation de la jeunesse, juraient par Descartes, comme, peu de temps auparavant, ils avaient juré par Aristote.

Cependant l'Angleterre avait devancé la France de près d'un siècle dans son développement intellectuel. La marche de l'esprit humain paraît être soumise à une loi, qui est démontrée avec plus ou moins de clarté par l'histoire de la Grèce, de Rome, de l'Italie, de l'Angleterre, de la France et de l'Allemagne, à savoir, qu'un peuple produit d'abord des poëtes, ensuite des métaphysiciens et des philosophes, enfin des savants. L'intervalle entre les époques où les sciences atteignent leur apogée en France et en Angleterre est le même que celui qui sépare Racine et Molière de Shakspeare. A l'époque dont nous parlons, la physique mathématique avait, en principe, atteint toute sa hauteur en Angleterre par les travaux de Newton. Le 28 mars 1727, Voltaire put voir le cercueil de Newton porté à Westminster par six comtes et ducs. Ce spectacle devait singulièrement contraster avec l'expérience toute récente qu'il venait de faire lui-même sur la position d'un écrivain vis-à-vis de l'aristocratie française. Le prestige encore prodigieux de la synthèse des *Principia philosophiæ* ne contrastait pas moins vivement avec l'esprit réservé de l'analyse que les *Principia mathematica* avaient depuis longtemps introduits en Angleterre.

L'impression profonde qu'en reçut Voltaire est attestée par ses *Lettres philosophiques*, écrites en Angleterre. Cependant ce séjour n'eut pas seulement sur lui une grande influence esthétique et politique; lorsqu'il revint en France, il était devenu fougueux apôtre de Locke et de Newton. Mme du Châtelet, convertie par lui à Newton, traduisit les *Principia*, et en donna, avec la collaboration de Clairaut, un commentaire algébrique, travail dont s'occupaient alors aussi, à Rome, les deux frères Minimes François Jacquier et Le Seur (1). Voltaire ne paraissait pas encore avoir pensé à écrire lui-même sur ces questions, lorsque le jeune Vénitien Algarotti, plus tard un des amis les plus chers de Frédéric, fit, à Cirey, la lecture de ses entretiens intitulés : *Il Newtonianismo per le donne*, écrits dans le style des *Mondes* de Fontenelle. Alors Voltaire entreprit de faire connaître en France, à un public plus nombreux, les théories de Newton, et c'est là l'origine de son livre jadis si célèbre, les *Éléments de la philosophie de Newton*.

Ce livre n'est pas un extrait des *Principia*, dont Voltaire, au reste, n'a guère sondé les profondeurs, mais un essai pour développer à sa manière les découvertes de Newton en optique et en astronomie. Les éditions postérieures sont précédées d'un examen critique des systèmes de Descartes et de Leibnitz opposés aux opinions de Locke et de Newton. Voltaire expose avec adresse et lucidité; la simplicité, la sobriété de son langage sont parfaitement appropriées aux sublimes vérités qu'il proclame. Ses assertions furent pour beaucoup de gens quelque chose d'inouï, si bien que le chancelier Daguesseau, homme très-cultivé, mais faible, ne lui accorda pas la permission de faire imprimer son livre. Les *Éléments* parurent donc pour la première fois, il y a maintenant cent trente ans, dans les Pays-Bas, où les forces élastiques du volcan français ont si souvent cherché leur issue.

Il est vrai que, dans l'intervalle, la théorie de Newton avait aussi pénétré à l'Académie. Elle y avait pour partisans plusieurs jeunes membres, comme la Condamine et Bouguer, Maupertuis et Clairaut, qui entreprirent, pour l'affermir, les célèbres mesures d'arcs méridiens au Pérou et en Laponie (1); car, selon l'aveu de Condorcet, pour que le système de Newton fût généralement accepté en France, il ne suffisait pas qu'une opération d'éclat vînt le confirmer, il fallait encore avant tout que des Français en eussent l'honneur. Mais à cause de la toute-puissance de la cour et de la noblesse, de l'influence des femmes et des abbés, qui donnaient très-souvent le ton dans les sociétés et dans les cercles littéraires, il était très-important de populariser la doctrine de Newton, et ce n'est que lorsque les *Mondes* de Fontenelle eurent fait place aux *Éléments* de Voltaire dans les boudoirs des dames, qu'on put regarder comme définitive en France la victoire de Newton sur Descartes. Chose étrange! le poëte de la *Henriade*, de *Mahomet*, de *Candide*, fut donc un des premiers à énoncer en français ces notions d'attraction universelle, de la différence de réfraction des rayons lumineux, et il a aidé à préparer la voie aux Dalembert, aux Coulomb, aux Lavoisier, en la débarrassant d'une foule d'erreurs (2).

Une fois entré en lice, Voltaire ne voulut pas se borner à populariser des travaux étrangers. Une des idées audacieuses émises par Descartes, mais sans démonstration, c'est que Dieu maintient toujours constante la somme des mouvements existants dans le monde, comme la masse de la matière. C'est là, si l'on ne tient pas compte d'Épicure, le germe de l'idée proclamée de nos jours, après deux cents ans, comme le dernier et suprême principe de la science de la nature, par M. Jules-Robert Mayer à Heilbronn et par M. Helmholtz, ce principe qui a acquis une si puissante influence sur le développement scientifique. Sous sa forme actuelle, cette idée embrasse toutes les métamorphoses de la matière dans le passé, dans le présent et dans l'avenir. Elle nous montre la naissance du système planétaire et l'origine de la chaleur solaire, et nous menace, dans un lointain bien reculé, il est vrai,

(1) Mais Jacquier et Le Seur publièrent leur livre en 1739, longtemps avant la marquise, dont le commentaire ne fut publié qu'après sa mort, en 1759.

(1) Voyez dans notre tome III, page 57, 23 décembre 1865, une conférence de M. Bertrand sur *Clairaut et la mesure de la terre*.

(2) Il faut ajouter aux *Éléments* les deux traités: *Défense du newtonianisme. Réponse aux objections principales qu'on a faites en France contre la philosophie de Newton* (1739). Un examen approfondi des études de Voltaire sur Newton se trouve chez lord Brougham, *Lives*, etc., p. 49-56. — M. Sainte-Beuve, dans ses *Causeries du lundi* (tome XIII, page 13), attire l'attention sur une lettre de Voltaire à Pitot, dans les *Lettres inédites de Voltaire*, recueillies par M. de Cayrol, etc. (Paris, 1856, tome I, page 67), qui montre que le 31 août 1736, Voltaire et son amie ne savaient pas encore ce que c'est qu'un sinus. La seule conséquence qu'on puisse en tirer, à mon avis, est que tous les deux, et surtout la marquise, acquirent avec une rapidité prodigieuse les connaissances qui leur faisaient encore défaut.

mais d'une manière inexorable, d'une période de glaces éternelles. Elle nous apprend que la lumière de la flamme, que la force de la locomotive, que la violence de la mugissante cataracte du Niagara et la puissance irrésistible qui fait avancer le glacier, que la force de nos muscles, et même l'onde sonore que nous produisons dans notre larynx, ne sont rien autre chose que de la lumière solaire transformée. Cette idée bien formulée marque le but de la science naturelle théorique ; suivant toute apparence, elle n'a plus qu'à en élargir les fondements et à la développer (1).

Voltaire prit part aux discussions qui accompagnèrent le premier développement de cette idée. Descartes avait commis la faute d'énoncer la constance de la somme des mouvements dans l'univers, tandis qu'il supposait la quantité du mouvement égale à la masse multipliée par la vitesse. Dans les *Acta eruditorum* de 1686, publiés à Leipsick, Leibnitz corrigea cette faute, en prenant pour mesure des forces, au lieu de la vitesse, la hauteur de la chute qui produit cette vitesse, ou, comme il l'exprima plus tard, le carré de la vitesse, et il n'admettait plus comme constante la somme des mouvements, mais la somme des forces dans l'univers. Depuis, les mathématiciens furent séparés en deux camps : les uns défendaient la mesure des forces donnée par Descartes, les autres celle donnée par Leibnitz ; et ce n'est qu'en 1743 que Dalembert, dans son *Traité de dynamique*, mit fin au scandale de ce schisme dans la plus infaillible des sciences, en montrant qu'il ne s'agissait là que d'une dispute de mots. Newton lui-même, à la fin de son *Optique*, tout en admettant comme juste la formule cartésienne, avait condamné l'opinion de Descartes sur la constance du mouvement, sans faire mention de la modification de cette théorie par Leibnitz. Quoique traductrice de Newton, Mme du Châtelet avait assez d'indépendance de jugement pour se prononcer, avec Leibnitz et les Bernouilli, dans ses *Institutions physiques* écrites à son fils et dans une lettre à Mairan, pour le carré de la vitesse dans la mesure des forces et pour la conservation de la force. Voltaire montra sur cette question encore plus d'indépendance de jugement, mais moins de discernement, en prenant parti pour Descartes dans un article sur le livre de Mme du Châtelet, malgré les rapports intimes qui l'unissaient et l'assujettissaient même en bien des choses à cette femme. Un an après, en 1741, il adresse à l'Académie des sciences de Paris un mémoire intitulé : *Doutes sur la mesure des forces motrices*, sur lequel Pitot et Clairaut firent un rapport favorable : il y développe ses objections contre Leibnitz, et rejette la théorie de la conservation de la force, parce que dans le choc de corps non élastiques il y avait perte de force, tandis que dans les animaux il y avait production de force : objections qu'il était difficile de combattre, puisque, pour les réfuter, il fallait encore un siècle de patientes recherches. Descartes était parti, suivant sa manière, d'un point de vue purement théologique, et avait basé la théorie de la constance du mouvement sur le principe de la perfection de Dieu, qui impliquait, disait-il, que Dieu ne fut pas seulement immuable en lui-même, mais aussi que son action fut la plus constante et la plus immuable possible. A cela Voltaire objecte : Pourquoi le principe de la perfection de Dieu n'implique-t-il pas tout aussi bien que la qualité et la forme de tous les êtres soient maintenues constantes ?

Ainsi Voltaire, obéissant à son esprit sceptique qui le portait vers les choses réelles et palpables, a méconnu ici le crépuscule qui est devenu grand jour à présent. Toujours est-il que voici un spectacle assez inattendu. Qu'on se figure la galerie que Voltaire fit ajouter au vieux et sombre château, somptueusement décorée dans le style qui porte son nom, dont les lambris, les papiers des Indes, et les meubles nous ont été conservés par la plume bavarde de Mme de Graffigny presque aussi exactement que le sera pour les générations à venir le cabinet d'étude d'Alexandre de Humboldt par le pinceau de M. Hildebrandt, cette galerie où pendait, à côté du portrait de la marquise, celui du prince royal de Prusse, que ce dernier venait de lui envoyer de Rheinsberg ; là, au milieu des livres et des instruments de Voltaire, assis après le souper autour de la table où brillaient des bougies presque consumées, Voltaire, Mme du Châtelet, Bernouilli et Maupertuis, discutant avec acharnement sur la conservation ou la non-conservation de la force, jusqu'à ce qu'enfin Voltaire, cédant au grand nombre, commence à battre en retraite, mais, semblable au cavalier parthe, lance encore sur le seuil de la porte des traits d'esprit.

On avait déjà reconnu alors qu'il existait un rapport entre la théorie de la chaleur et celle de la conservation de la force : car on se demandait d'où venait donc la force lorsqu'une étincelle provoque un incendie. Cela détermina, suivant Nollet, l'Académie des sciences de Paris à mettre au concours pour l'année 1738 cette question : « La nature de la chaleur et sa propagation. » Grande agitation à Cirey : Voltaire résolut de concourir pour le prix, et la marquise tenta de le lui disputer à son insu. Cependant ni l'un ni l'autre ne devaient l'obtenir ; le prix fut partagé entre trois autres concurrents, parmi lesquels on remarque le fameux Léonard Euler qui faisait alors son premier séjour à Saint-Pétersbourg. Être vaincu par Euler, ce n'était pas, à vrai dire, une défaite, et d'ailleurs Voltaire, ainsi que son amie, obtinrent une mention honorable, et l'Académie fit imprimer leurs travaux à la suite des dissertations couronnées, tandis que près de vingt-cinq autres écrits n'obtinrent pas même l'admissibilité au concours définitif. Mais il y a plus : quoique parmi les juges du concours il se trouvât des hommes comme Réaumur et Dufay, les progrès de la science démontrèrent bientôt que Voltaire aurait plutôt mérité le prix qu'Euler, et surtout que les deux autres lauréats. L'un d'eux, le jésuite Lozeran de Fiesc, disait : « Le feu est un mixte composé de sels volatils ou essentiels, de soufre, d'air, de matière éthérée, communément mêlé d'autres substances hétérogènes, de parties aqueuses, terrestres, métalliques, et dont les parties désunies sont dans un grand mouvement de tourbillon. » Cette dernière phrase trahit le cartésien. Le troisième ouvrage couronné, celui du comte Créquy, est écrit aussi dans un esprit tout cartésien ; voilà ce qui explique suffisamment le succès des deux. Dans la *Dissertatio de igne* d'Euler, on ne trouve aussi que de la spéculation à la manière de l'ancienne physique : La matière ignée, d'ailleurs différente de l'éther, est contenue, dit-il, dans les molécules des corps combustibles, à peu près comme de l'air fortement comprimé dans des bulles de verre ; si une bulle éclate, cette rupture est propagée de bulle à bulle par le choc de l'air qui s'échappe et par les éclats de verre, etc. A la fin Euler donne, sans

(1) Sur la théorie mécanique de la chaleur, voyez particulièrement dans la *Revue*, tome III (1866), pages 193, 809 et 830, tome IV (1867), pages 149, 241, 433, 553, 773.

ondes dans des milieux élastiques. Quoique cette formule ne rentrât pas dans la question, et qu'elle ne fût pas même juste, — puisque, appliquée à l'air, elle s'accorde avec l'expérience sans le facteur de Laplace, — et que plus tard elle ait été abandonnée par Euler lui-même, elle semble cependant avoir décidé du succès de ce dernier (1).

Voltaire procéda d'une autre manière. Il avait réuni à Cirey les appareils de physique et de chimie que l'on connaissait de son temps; un laboratoire et une chambre obscure étaient encore en construction. Il entretenait souvent les hôtes de M[me] du Châtelet avec des expériences de physique, au lieu de leur lire un chant de la *Pucelle*. C'est lui aussi qui le premier, du moins en France, ait exécuté une expérience alors très-importante et que Newton n'avait fait qu'indiquer : il s'était assuré que la réflexion totale de la lumière ne cessait pas lorsque le verre, au lieu de se trouver en présence de l'air, se trouvait en présence du vide (2).

Procédant ensuite exactement comme un expérimentateur moderne, il se mit à étudier la nature de la chaleur à l'aide du thermomètre de Réaumur, du pyromètre de Musschenbroeck (3), et surtout à l'aide de la balance : car les opinions étaient encore divisées sur la pondérabilité de la chaleur. L'expérience de Boerhaave, qui avait trouvé un poids égal pour le fer rouge et pour le fer refroidi, avait été suivie des expériences de Duclos et de Homberg, qui avaient constaté une augmentation de poids pour des métaux calcinés; et Boerhaave ne savait les expliquer qu'en disant que par suite du frottement, il s'était détaché des molécules de la spatule qui servait d'agitateur. Voltaire reprit les expériences de Boerhaave *en leur donnant* les plus grandes proportions. Il se transporta, à cet effet, dans une forge, probablement de la ville de Chaumont, qui se trouvait à peu de distance de sa résidence : il remplaça par des chaînes les cordes auxquelles étaient suspendus les plateaux de la balance, d'après la prescription de Boerhaave, pour ne pas être trompé par le dessèchement de *ces cordes* (4), et pesa ensuite jusqu'à deux mille livres de ordinaire, et jusqu'à cent livres de fonte en fusion et à la température ordinaire. Malgré toutes sortes d'hésitations, il trouve cependant à la fin que la chaleur est impondérable; mais puisqu'il la regarde comme la même chose que la lumière, qui, selon Newton, est attirée par les corps, il n'est pas entièrement convaincu qu'on ne puisse pas lui attribuer un poids trop minime pour être accusé par la balance. Sa manière d'expliquer l'augmentation de poids d'un métal qui se calcine prouve une sagacité remarquable, qui lui fait devancer de beaucoup ses contemporains : il l'explique par l'adjonction d'une matière tirée de l'air qui n'est pas pour lui un élément, mais un mélange de vapeurs. Selon Voltaire, la chaleur produit ses effets par son mouvement, elle fait équilibre à l'attraction des molécules entre elles, détermine l'état liquide, donne à l'air son élasticité, enfin détruit les corps lorsqu'elle est trop violente. Pour trouver la manière dont la chaleur se communique, Voltaire mesura souvent le temps qu'il fallait à des corps différents exposés à la même source de chaleur pour acquérir des températures déterminées. L'état où se trouvait alors la science ne lui permettait pas d'obtenir par là quelque résultat. Mais en mettant un fer rouge entre deux fers entièrement semblables, et en montrant que ces derniers s'échauffent également, quelle que soit leur position, il réfuta du moins la fable que la chaleur, comme telle, tendait à monter ou à descendre. Il fit même des expériences en grand sur la propagation des incendies de forêts, probablement dans les forêts de la marquise. Mais l'observation la plus intéressante qu'il fit, c'est que des quantités égales de liquides différents (huile, eau, vinaigre), mélangés à des températures différentes, ne donnent pas la température moyenne. »

On voit donc que Voltaire, en poursuivant son idée sur la calcination des métaux et sur la nature composée de l'air, aurait pu découvrir l'oxygène et l'oxydation, et que, de plus, il était sur le point de trouver le principe de la différence de capacité calorifique des corps. Qu'on essaye de se transporter en arrière à une époque où, comme l'avoue Condorcet, la théorie même de Stahl n'avait pas encore pénétré en France, en d'autres termes, où la chimie n'y était pas même encore entrée dans sa période phlogistique, et l'on ne pourra s'empêcher d'admirer les résultats obtenus par Voltaire, et d'avouer avec lord Brougham, « que Voltaire, en continuant à s'occuper de physique expérimentale, aurait sans doute inscrit son nom parmi ceux des plus grands inventeurs de son siècle. »

M[me] du Châtelet avait assisté aux expériences de Voltaire. Il est probable que quelques divergences d'opinion, qui n'auraient plus d'importance aujourd'hui, déterminèrent la marquise à concourir pour le prix, indépendamment de Voltaire et à son insu. Ce qui nous donne une preuve irrécusable de la force de tête et du savoir de cette femme remarquable, c'est qu'elle rédigea sa dissertation en huit nuits, pendant lesquelles elle ne dormait qu'une heure et combattait sa grande fatigue en trempant ses mains dans de l'eau glacée. Elle aussi a eu une heureuse inspiration : elle présume que les différentes couleurs du spectre solaire auront un pouvoir calorifique différent, le rouge le plus fort, le violet le plus faible, comme Rochon l'a démontré quarante ans après.

Un grand nombre de mémoires de Voltaire, sur des sujets empruntés aux branches les plus diverses des sciences

(1) Dans une lettre à Frédéric, datée de Cirey, 15 février 1739, Voltaire se moque de la théorie de la chaleur d'Euler : « L'un dit que le feu est un composé de bouteilles »; et Condorcet, secrétaire de l'Académie des sciences de Paris depuis 1773, affirme, dans la Correspondance de Frédéric et de Voltaire (édition de Kehl, 1785), que ce n'est pas en effet sa théorie, mais la formule qui avait fait décerner le prix à Euler. — Dans sa préface aux ouvrages de physique de Voltaire, Condorcet renouvelle cette assertion, et déclare formellement que la dissertation de Voltaire avait mérité le prix.

(2) Voltaire raconte même : « Je fis enchâsser un excellent prisme dans le milieu d'une platine de cuivre; j'appliquai cette platine au haut d'un récipient ouvert posé sur la machine pneumatique; je fis porter la machine dans ma chambre obscure. Là, recevant la lumière par un trou sur le prisme et la faisant tomber à l'angle requis, je pompai l'air très-longtemps. Ceux qui étaient présents virent qu'à mesure qu'on pompait l'air, il passait moins de lumière dans le récipient, et qu'enfin il n'en passa presque plus du tout. C'était un spectacle très-agréable de voir cette lumière se réfléchir par le prisme tout entier au plancher. » (*Éléments de la philosophie de Newton*, etc., part. 2, chapitre III.) — Je ne sache pas que cette observation ait été renouvelée depuis. La différence pour l'angle d'incidence n'est que de 54",26 à zéro, avec une pression de $0^m,760$, et l'exposant de réfraction du verre = 1,5. Ne pourrait-on pas admettre que Voltaire a été trompé par un changement de position du prisme produit par le mouvement de la pompe?

(3) Ce n'était pas un pyromètre comme ceux dont on se sert aujourd'hui, mais un levier mobile qui laissait apercevoir l'extension de volume des corps échauffés.

(4) C'est ainsi que Boerhaave expliquait la diminution de poids apparente des corps échauffés, en oubliant le courant d'air chaud ascendant.

naturelles, se trouvent, soit dispersés dans le *Dictionnaire philosophique* et ailleurs, soit rassemblés dans le *Traité des singularités de la nature*, publié il y a maintenant cent ans. On remarque dans tous une parfaite connaissance des faits, qui atteste une fois de plus sa conception rapide et sûre des phénomènes de la nature, et en même temps cet esprit sceptique que nous avons déjà eu occasion d'apprécier : il méprise toute autorité et ne s'appuie que sur ses propres observations. C'est l'esprit du physicien moderne, qui n'hésite jamais à avouer son ignorance et à reconnaître la limite de son esprit; « car le doute doit souvent être en physique, dit Voltaire, ce que la démonstration est en géométrie : la conclusion d'un bon argument. » Cet esprit le guide presque toujours avec bonheur; mais il arrive parfois, et nous en avons déjà vu un exemple, que Voltaire, par un désir outré d'évidence palpable, se refuse à des mystères plus profonds, et se laisse alors aller à des sarcasmes très-souvent mal placés. C'est ainsi qu'il a contesté la nature animale des hydres, affirmée par Trembley; qu'il a regardé les pétrifications comme des formations accidentelles, et méconnu leur origine, malgré les travaux de l'ingénieux Bernard Palissy. S'il mérita sur ce point la réprimande de Buffon, il sut du moins se préserver des erreurs de la génération spontanée, dans lesquelles Buffon se laissa engager par les expériences de Needham, victorieusement réfutées par Spallanzani. Voltaire prit encore parti pour Spallanzani dans la controverse provoquée par ce dernier, lorsqu'il assurait que la tête coupée de la limace vulgaire pouvait se reproduire. Voltaire fit cette expérience trente-deux fois : il vit deux fois repousser la tête de la limace, et c'était, conformément à l'opinion de Tarenne, lorsque le hasard avait voulu que l'anneau pharyngien ne fût pas lésé (1). Même en médecine, il fit briller la lumière de son esprit lucide et pratique : c'est lui qui, le premier, recommanda l'inoculation de la petite vérole à ses compatriotes dans les *Lettres philosophiques*, écrites d'Angleterre, où ce procédé avait été importé d'Orient. Mais c'est seulement un quart de siècle plus tard que la Condamine parvint à l'introduire en France d'une manière plus générale.

Si nous comparons les travaux de Voltaire physicien à ceux de Gœthe, nous sommes frappés d'un contraste remarquable. Gœthe manquait évidemment de l'intelligence de la mécanique, et par conséquent il n'avait aucune idée de la science naturelle théorique. Il combattit sans succès pendant la moitié de sa vie la méthode de cette science, et surtout ses résultats en optique. Il lui manquait l'organe même pour concevoir une grandeur intellectuelle comme celle de Newton. Mais en morphologie, la puissance de son intuition lui a fait trouver des découvertes d'une importance durable. Il y a longtemps que la *théorie des couleurs* serait oubliée, si elle n'était pas de Gœthe; mais l'intermaxillaire, la théorie des vertèbres du crâne, la métamorphose des plantes, auraient attaché à son nom une gloire incontestable, lors même que ce nom n'eût pas été Gœthe. Voltaire, en comprenant, en défiant Newton, se trouve dans l'opposition la plus marquée vis-à-vis de Gœthe, et il s'est attiré pour cette raison toute la colère de ce dernier, qui lui prodigue ailleurs la plus grande admiration. Il s'est approprié avec une vigueur d'esprit admirable tout ce qui rentrait alors dans le domaine des sciences naturelles. Il est vrai que les mathématiques pures sont restées lettres closes pour lui; mais on ne saurait méconnaître qu'il a saisi l'esprit de la physique mathématique et qu'il a possédé la méthode inductive. Les physiciens de nos jours ne peuvent s'empêcher de reconnaître en Voltaire un prédécesseur qui a marché dans la même voie. Cependant Voltaire n'est pas arrivé à des résultats d'une haute importance, et, dans les théories qu'il a essayé d'établir, il n'a pas toujours été heureux.

Un des critiques français les plus fins et les plus spirituels, M. Sainte-Beuve, ne voit dans les études physiques de Voltaire qu'une « excursion fort inutile », amenée par les influences de Cirey, qui allait devenir une fausse route, et dont les seuls fruits seraient quelques beaux vers sur la décomposition prismatique de la lumière, que M. Biot avait coutume de citer dans ses cours (1). J'ai déjà donné à entendre qu'un pareil jugement ne me paraît pas fondé. L'esprit vague de J. J. Rousseau nous autorise peut-être à ne voir qu'une digression oiseuse de son humeur noire dans ses études de botanique, qu'il faisait en dilettante; et encore est-il permis de se demander si ce penchant n'avait pas ses racines dans ce sentiment des beautés de la nature que Rousseau a inspiré à la littérature moderne. Mais Voltaire est un homme d'une seule pièce; le drame de sa vie, depuis sa visite à Ninon, l'Aspasie de la Fronde, jusqu'à la représentation d'*Irène*, presque à la veille de la Révolution, présente une unité d'action semblable à celle qui règne dans ses pièces de théâtre, et l'on n'a pas le droit d'en détacher *arbitrairement* un côté, sous prétexte qu'il ne s'y rattache que superficiellement et qu'il peut être négligé.

On méconnaîtrait, à mon avis, l'influence que l'étude de la nature a exercée sur Voltaire, si on limitait cette influence aux effets qu'ont eus sur lui ses connaissances en physique, quoique ces effets aient été plus considérables que ne veut l'admettre M. Sainte-Beuve. Serait-il vrai que le seul résultat de ces études ait été de le rendre apte à écrire des poésies didactiques dans le goût de Pope, comme celles de Gœthe, — du reste bien supérieures, — ou de lui fournir les matériaux pour de savantes allégories, telles qu'on en trouve déjà chez Shakspeare et chez Milton (2)? Sans ces connaissances, Voltaire n'aurait pas été capable d'écrire contre le président de cette Académie, son ancien ami Maupertuis, sa

(7) *Des singularités de la nature* (*Dictionnaire philosophique*, articles POLYPES et SERPENT). — C'est par erreur que M. Milne Edwards, dans ses *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux* (tome VIII, page 303), cite Voltaire parmi les adversaires de Spallanzani.

(1) *Causeries du lundi*, tome XIII, p. 13. — Les vers se trouvent dans l'épître à madame du Châtelet, par laquelle Voltaire lui dédie ses *Éléments* :

« Il déploie à mes yeux par une main savante
» De l'astre des saisons la robe étincelante... »

(2) Au chant X de la *Henriade*, Voltaire dit, en parlant des glaives de deux combattants :

« Telle on voit du soleil la lumière éclatante
» Briser ses traits de feu dans l'onde transparente... »

Il est fier de cette allégorie optique : « Je suis, je crois, monseigneur, écrit-il à Frédéric II, le premier poëte qui ait tiré une comparaison de la réfraction de la lumière. » Mais Shakspeare, dans le *Songe d'une nuit d'été* (acte II, scène II), donne une allégorie magnétique, qui semble prouver que les travaux de Gilbert ne lui étaient pas inconnus; et Milton, dans le *Paradis perdu* (livre I), met à profit les découvertes alors toutes récentes de Galilée.

sanglante diatribe, qui fut si funeste à ses relations avec Frédéric II, et eut ainsi une importance capitale pour le reste de sa destinée. Elles formèrent la base de sa théologie naturelle et son arsenal inépuisable dans la double lutte qu'il soutint jusqu'à son dernier soupir contre l'athéisme et contre l'orthodoxie. Les lois éternelles de la nature étaient son arme contre la croyance aux miracles dans l'histoire sainte comme dans l'histoire profane. D'autre part, il opposait à l'*Homme machine* et au *Système de la nature* le solide bouclier de la téléologie.

Mais, comme nous l'avons dit, la question importante n'est pas ici d'établir que Voltaire s'est approprié des connaissances en physique et qu'il en a fait usage ensuite dans ses œuvres poétiques, philosophiques et polémiques. Ce n'est pas en se jouant, tant s'en faut, que Voltaire s'est occupé par hasard de science naturelle théorique; non, depuis son séjour en Angleterre et à Cirey, il semble comme saturé de l'esprit de cette science. C'est cet esprit qui fit de lui un partisan de l'empirisme de Locke, le poussa contre tout ce qu'il nommait l'*esprit de système*, appelé chez nous *spéculation*, lui fit rechercher partout la raison suffisante, mécanique, des phénomènes, et motiva ainsi sa conception rationnelle et positive de beaucoup de questions qui avaient été à peine posées avant lui, ou que l'on avait résolues d'après les formules de l'école et d'après l'autorité de la tradition. On pourrait objecter, il est vrai, que cette tendance d'esprit ne vint à Voltaire que pour s'être occupé quelque temps, et par hasard, des sciences physiques pendant son séjour à Cirey avec Mme du Châtelet. Mais il est plus juste de voir dans ces occupations et dans cette tendance un résultat naturel d'une organisation *si harmonique*, qu'elle devait comprendre cette direction-là comme les autres : aujourd'hui elle excelle à rendre les plus fines nuances des sentiments, à lancer des satires pétillantes d'esprit, à tracer un tableau vivant des passions et des actions des hommes dans toutes leurs péripéties; demain elle poursuivra avec la même vivacité d'esprit la *vérification* d'un théorème qui se trouve sur la limite de la mécanique et de la métaphysique, ou la découverte d'une vérité tangible au milieu du bruit et de la fumée d'une usine.

Frédéric écrivit à Rheinsberg, le 8 août 1736, sa première lettre à Voltaire. Il ne s'intéresse d'abord qu'aux productions poétiques, historiques, philosophiques que Voltaire publiait au milieu de ses études physiques : *Alzire*, *Mérope*, la *Pucelle*, le *Siècle de Louis XIV*, un *Traité du libre arbitre*. Mais bientôt on voit la jeune imagination de Frédéric saisie par l'image de la dame de Cirey, entourée de cette auréole de gloire dont les rayons arrivent de France, du pays de ses souhaits. Il lui adresse des vers; dans ce style galant de l'époque, il l'appelle *Vénus-Newton;* il lui envoie des cadeaux d'ambre; une correspondance s'engage entre eux. Dès lors Frédéric est saisi de cet esprit newtonien qui règne à Cirey. « Dès que je serai de retour à Rheinsberg, écrit-il à Voltaire le 8 janvier 1739, j'irai me jeter tête baissée dans la physique; c'est la marquise à qui j'en ai l'obligation. » Et l'on ne peut qu'approuver cette résolution, lorsqu'on lit les jugements qu'il porte ailleurs sur le système de Copernic. Il réunit une bibliothèque d'ouvrages de physique, et se met à étudier Musschenbroeck, les *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, les *Éléments* de Voltaire; il fait construire une tour pour y établir un cabinet de physique et un observatoire. Il fait toutes les expériences d'usage avec la machine pneumatique; il entreprend ensuite de rechercher si une montre marche plus vite ou plus lentement dans le vide, et si des pois peuvent y germer. Il élève des objections contre le vide admis par Newton. Il formule aussi une théorie des tempêtes du solstice d'hiver, et la communique à Kirch, alors astronome de cette Académie, ainsi qu'à Voltaire et à la marquise du Châtelet. Mais bientôt il se rétracte, et avoue qu'il a agi avec trop de précipitation : les objections qu'il a élevées contre le vide sont réfutées par Voltaire; l'expérience de la montre, lui écrit la marquise, est une question qu'a déjà traitée à fond Derham à Londres. Une autre fois c'est Frédéric qui a le dessus. Dans son *Essai sur le feu*, la marquise avait supposé que l'embrasement de forêts que le vent allumait par le frottement des branches avait fait connaître le feu aux hommes. Elle avait aussi donné une théorie des ruisseaux qu'on trouve au fond de certaines cavernes, et qui gèlent en été, tandis qu'ils coulent en hiver. Frédéric l'oblige à reconnaître qu'elle s'est trompée sur ces deux points. Mais cet élan n'eut pas de suite; car, bientôt après, il exprime son indifférence pour les secrets de la nature, qu'il regarde comme impénétrables. La morale le laissait moins indifférent, dit-il, et il annonce à Voltaire son *Anti-Machiavel*. C'était au printemps de l'année 1739. Deux ans après, il avait déjà occupé la Silésie, et livrait à Mollwitz sa première bataille.

Voltaire, lui aussi, perdit peu de temps au goût des mathématiques et de la physique, par suite de la mort prématurée de son amie. Ajoutons que Clairaut lui conseilla de laisser plutôt ces sciences à ceux qui n'étaient pas en même temps de grands poëtes. Lorsqu'il fut l'hôte de Frédéric II à Sans-Souci, la science de la nature occupa sans doute une bien petite place dans leurs entretiens, et, malgré la présence de Lamettrie, il faut supposer un autre sujet de conversation entre Frédéric et Voltaire, dans l'incomparable tableau de M. Menzel. Même en admettant avec M. Sainte-Beuve que Frédéric II était né avant tout écrivain, il ne faut pas perdre de vue que, dans la vie pratique, il était roi avant tout, et que ce qu'il cherchait chez Voltaire ce n'était pas l'intelligence de la mécanique céleste et de la théorie des molécules lumineuses de Newton, mais bien, à côté des jeux poétiques dans lesquels il trouvait son délassement, de la sympathie dans cette tâche du roi moderne qu'il avait entreprise avec une si sérieuse, une si héroïque résolution. Cette sympathie, à laquelle une âme même aussi énergique que la sienne n'est point indifférente, il la trouva encore chez Voltaire longtemps après la rupture passagère de leurs relations, résultat de la rencontre personnelle de deux caractères qui n'étaient pas faits pour se trouver trop longtemps en présence. Et si ce ne sont pas seulement les brillants faits d'armes de Frédéric II qui firent la grandeur de la Prusse; si cette grandeur est aussi le fruit du principe de vie qu'il inspira à son État, de cet esprit de dévouement, de devoir, de liberté de conscience et de justice, qui, regardant le passé avec une légitime fierté et l'avenir avec une ardente confiance, se communiquait du roi au plus simple citoyen ; si, dis-je, cet esprit, dont le monde a de nouveau senti tout récemment le souffle vivant, a exercé une influence [illegible] sur les destinées de la Prusse; il est permis de [illegible] gloire actuelle de notre patrie doit aussi quelque lustre Français dont l'amitié donna pendant un [illegible] à Frédéric, la conviction fortifiante d'être uni, de [illegible] comme dans ses actes, à l'arbitre intellectuel d[illegible]

Parmi tous les astres qui brillent au firmament du XVIIIe siècle, Frédéric II et Voltaire jettent le plus vif éclat, et formeront une constellation éternellement inséparable. Ils semblent entraînés par des forces contraires, et brillent dans la lumière complémentaire de l'homme de guerre et de l'homme d'État, du poëte et du philosophe; mais un centre de gravité idéal les tient réunis et détermine la direction de leur carrière victorieuse : la liberté de la pensée et l'humanité.

ÉMILE DU BOIS-REYMOND.

— Traduit de l'allemand par BAUER. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

XII

Races animales domestiques. — Races canines.

Le chien, dont nous allons aujourd'hui aborder l'étude, mérite à tous égards de fixer notre attention pendant une leçon entière. Non pas que nous cédions en cela au sentiment d'intérêt bien naturel qu'excite généralement le nom de cet ami constant, de ce fidèle compagnon de l'homme; mais parce que cette constance et cette amitié réciproques ont eu les conséquences les plus importantes au point de vue qui nous intéresse.

En effet, l'espèce canine nous pose quelques-uns des plus difficiles problèmes et nous apporte quelques-uns des plus précieux enseignements pour la question générale qui nous occupe.

Cela s'explique; aucun animal n'a certainement subi au même degré des influences de toutes sortes. Il y a bien des siècles que l'homme et le chien ont uni leurs destinées, et ils ne se sont plus quittés. Le serviteur a suivi son maître partout; et partout il s'est soumis aux conditions d'existence les plus variées que lui ont faites la nature, ainsi que les besoins ou le caprice de l'homme. Il n'est donc pas étonnant qu'aucune autre espèce ne compte un aussi grand nombre de races aussi distinctes.

Toutefois cette alliance de l'homme et du chien n'est ni aussi ancienne ni aussi universelle qu'on pouvait le croire il y a peu de temps encore. A en juger par les faits actuels, il est difficile de se figurer l'homme sans le chien. On retrouve ce dernier chez le Pescherai de la Terre de Feu comme chez l'Esquimau du Groenland, chez le Boschiman du Cap comme chez le Lapon. On pouvait donc penser que, nés à côté l'un de l'autre, ils avaient commencé ensemble ces voyages qui devaient les conduire partout. Il n'en est rien cependant, et les belles recherches de M. Lartet dans les cavernes du Périgord et du midi de la France semblent ne pas laisser de doute sur ce point. Elles ont en effet prouvé que l'homme quaternaire de France, contemporain du rhinocéros, du renne et de l'éléphant, ne connaissait pas le chien, ou du moins n'était pas accompagné par lui dans ses chasses.

Mais dès que nous dépassons cette époque, nous trouvons les deux espèces associées. Ainsi, dans les *kjökkenmöddings* du Danemark (vous savez qu'on appelle ainsi ces débris de cuisine qui ont tant appris sur les origines de l'homme), Steenstrup a trouvé le chien. Il a constaté qu'il assistait au repas de son maître et qu'il rongeait les os que ce dernier lui jetait. Il a reconnu en outre, par l'examen des os à demi calcinés représentant les restes de ses repas, que l'homme mangeait alors le chien, comme il le fait encore en Chine et en Polynésie. Rutimeyer a trouvé ce mammifère dans les plus anciennes stations lacustres. Il y formait une race petite de taille et tenant le milieu entre le chien d'arrêt et le chien courant.

A l'autre extrémité du continent, dans l'Asie centrale, M. Ad. Pictet nous montre les Aryans primitifs en possession du chien. Il va plus loin; grâce à sa méthode de linguistique, il a pu constater que ces populations avaient amené avec elles dans leurs diverses migrations cet enfant de leur propre patrie.

M. Pictet fait remonter les renseignements qu'il tire de l'étude des langues à trois mille ans avant notre ère. Mais il existe des documents plus anciens et que vous tous avez eus sous les yeux en examinant le temple égyptien de l'Exposition. A l'intérieur se trouvaient des peintures copiées sur celles qui ornent les salles funéraires des tombeaux de deux hauts dignitaires de la quatrième dynastie, Ti et Phtah-Hotep, vivant quatre mille ans avant notre ère. Ces peintures représentent des scènes de la vie champêtre. Or, le chien y figure à plusieurs reprises, et présente à côté l'un de l'autre, dans la même stèle, deux types distincts. C'est, d'une part, le levrier à la queue enroulée, aux oreilles droites. Les chiens de cette race ont le dos tantôt fauve, tantôt noir; et cette seule différence de coloration permet de conclure qu'il existait déjà à cette époque plusieurs races de chiens levriers. Je reviendrai plus tard sur ce type, que l'on a pendant longtemps considéré comme formant une espèce. A côté du levrier se trouve représenté un chien à la taille moins haute, au museau court, aux oreilles tombantes, caractères qui accusent une domestication ancienne.

Sur d'autres monuments de la même époque sont figurées d'autres races canines; l'une d'elles rappelle beaucoup le chien paria de l'Inde, dont j'aurai à vous reparler à propos des races libres.

Après avoir retrouvé le chien vivant en domesticité à une époque si reculée, nous ne serons pas surpris que les *Vedas*, monument postérieur aux dates les plus anciennes de M. Pictet, et le *Zend-Avesta*, en fassent mention. Ce dernier recueil, le livre sacré des Iraniens, le met au nombre des trois animaux que la religion ordonne de nourrir : « Quand il a six mois, est-il dit, qu'une jeune fille le nourrisse; cette fille aura le même mérite que si elle gardait le feu fils d'Ormuzd. » En revanche, le Koran déclare le chien impur.

Il est singulier que les livres sacrés des Hébreux ne parlent que dix-sept siècles seulement avant notre ère d'un animal que tant d'antiques monuments mentionnent ou figurent. La *Genèse* est muette sur son compte, et il faut arriver jusqu'à l'*Exode* pour rencontrer son nom. Ce silence singulier ne signifie pourtant pas nécessairement que les premiers Hébreux n'aient pas possédé le chien domestique. Il faut en effet quelque circonstance particulière, quelque fait exceptionnel pour qu'un historien soit amené à parler d'un animal. Il est cer-

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510 et 528, 9 mai, et 13 juin, 4, 11 et 18 juillet 1868.



CATÉGORIES.	CLASSES.	RACES PRINCIPALES.
IV. Levriers de chasse.	XXII. Levriers à long poil	Levriers d'Écosse, kurdes, syriens...
	XXIII. Levriers à poil ras	Levriers anglais, russes...; Greyhounds, sloughis...
V. Chiens de luxe.	XXIV. Levrons.......	Levrettes, chiens nus, chiens du Jura...
	XXV. Petits épagneuls.	Chiens du Japon, blenheims, king's-Charles, gredins...
	XXVI. Petits caniches..	Bichons autrichiens, havanais, maltais, péruviens...
	XXVII. Chiens de luxe divers	Carlins, doguins.
	XXVIII. Chiens des régions boréales..	Chiens de Poméranie.

Ce tableau a été dressé bien moins au point de vue de la science que dans un but d'usage et d'utilité pratique. Il vous montre quel est, en Europe, le nombre des races principales, car la plupart de celles qui y figurent se divisent en races secondaires. Même en ce qui touche les premières, la liste est incomplète. Elle ne pouvait comprendre les races des centres asiatique, américain, africain, parce que nous ne les connaissons pas ou qu'elles n'ont pu figurer à notre exposition. Cependant l'énumération est encore assez longue pour vous montrer combien le chien a subi de nombreuses variations. Je vous dirai seulement quelques mots sur leurs limites extrêmes.

Pour la taille, deux des hommes qui se sont le plus occupés du chien, Fréd. Cuvier et Is. Geoffroy, admettent l'un et l'autre qu'elle varie dans le rapport de 1:5, ce qui dépasse l'écart que nous avons signalé chez l'âne et chez le cheval.

Le pelage diffère tantôt par sa quantité, et l'on peut citer, à cet égard, certaines races qui en sont complétement dépourvues, tandis que d'autres possèdent une fourrure épaisse; tantôt par sa nature : il est dur et roide, ou soyeux et très-fin, ou bien frisé et laineux. Sa couleur peut varier du noir au blanc en passant par le jaune, le gris, le brun, etc. Quant aux oreilles, elles sont droites et courtes, ou tombantes et longues.

La queue est importante, comme donnant lieu non-seulement à des variations de volume, de longueur ou d'épaisseur des poils, mais encore à des changements qui intéressent l'anatomie elle-même. Fréd. Cuvier constate combien il est difficile de déterminer le nombre des vertèbres caudales. Dans des races peu distantes, telles que le dingo, le basset et le dogue, il est de dix-huit, de vingt et de vingt et un. On se rappelle l'étonnement des amateurs anglais en voyant exposés nos chiens de chasse à queue courte, lorsqu'ils venaient toucher le bout de cet organe pour s'assurer qu'il n'avait pas été rogné.

Cuvier ne connaissait pas cette race. Il ne connaissait pas non plus les chiens à queue complétement nulle, sur l'existence desquels Buffon élevait des doutes. Ils existent cependant très-positivement, et sont tout particulièrement affectionnés par les toucheurs de bœufs. Le fait m'a été affirmé avec détail par M. le baron Lecoulteux, l'un de nos amateurs les plus distingués et de nos juges les plus compétents. Il a voulu s'assurer que cette absence de queue constituait bien un caractère de race. Il a donc marié entre eux des individus qui le présentaient tous les deux, et il a obtenu des produits semblables à leurs parents. Enfin le croisement avec des races à queue développée a toujours donné un certain nombre d'individus sans vertèbres caudales. Il y a donc là une race qui se conduit exactement comme toutes les autres.

La forme générale de la tête a servi à Fréd. Cuvier pour former un tableau sur lequel il est inutile que j'insiste. Je me borne à vous signaler la différence de proportions existant entre un museau de dogue et un museau de lévrier. Pour ce qui est de l'ostéologie générale, il me suffit de mettre sous vos yeux les squelettes du dogue et du basset. Leurs différences sont frappantes, et l'on voit qu'il n'y a peut-être pas un os qui, de l'un des deux types à l'autre, n'en présente pas de considérables. Comparez, par exemple, l'omoplate arrondie du dogue avec l'omoplate carrée du basset.

Les mamelles, qui se rattachent à l'appareil reproducteur dans ses rapports avec la fécondité, constituent d'ordinaire, par leur nombre, des caractères très-stables. En général, le chien en a quatre à la poitrine et six au ventre. Or, Daubenton, sur vingt et un chiens qu'il examinait, en a trouvé huit normalement constitués à cet égard, huit autres ayant quatre mamelles de chaque côté, deux en ayant quatre d'un côté et cinq de l'autre, et trois avec quatre d'un côté et trois de l'autre. Ces variations sont encore aussi des caractères de races.

Nous sommes donc en présence d'animaux très-différents dans leurs formes, et auxquels cependant tout le monde donne instinctivement et d'un commun accord le même nom. Quel est donc cet animal dont s'occupent, pour le protéger ou pour le proscrire, les sages et les puissants, cet animal qui vit sur toute la surface du globe, dans les palais, dans les cabanes, et jusque sous l'abri temporaire de l'Australien nomade?

Trois réponses principales ont été faites à cette question. La première suppose le mélange de plusieurs espèces voisines. Nos chiens domestiques descendraient ainsi d'un nombre de souches plus ou moins considérables. Blumenbach, Gervais, Gibbel et quelques autres ont pensé que ces diverses souches sauvages domestiquées isolément et modifiées entre les mains de l'homme, puis rapprochées les unes des autres, s'étaient croisées et avaient engendré un être complexe que nous avons appelé chien. Chose assez étrange, parmi les partisans de cette opinion, il faut citer Darwin. Or, si, en l'adoptant, Darwin ne s'est pas écarté de certaines de ses idées générales, il s'est mis cependant sur un point en contradiction évidente avec lui-même. Lui qui avait si bien montré comment tous les pigeons viennent du biset, oublie, dès qu'il s'agit du chien, la méthode et les arguments qu'il a fait valoir; il ne se souvient pas qu'il en a déjà développé ailleurs plusieurs de ceux que l'on oppose avec le plus de raison à la doctrine qu'il embrasse. Il va même plus loin que ses prédécesseurs pour le nombre de souches, et il admet à ce titre : 1° deux loups, le *Canis lupus*, qui est le loup ordinaire, et le *Canis latrans*, qui n'est probablement qu'une *race* de chiens vivant en liberté dans l'Amérique du Nord; 2° deux ou trois espèces *douteuses (sic)* du même groupe; 3° deux espèces canines au moins de l'Amérique du Sud; 4° plusieurs races ou espèces de chacals; 5° une ou plusieurs espèces éteintes.

Remarquez le vague de ces assertions. Si nous avions le temps d'examiner ici l'argumentation qui les accompagne, nous y retrouverions à chaque instant cette confusion perpétuelle de l'espèce et de la race, qui a entraîné bien des hommes de mérite, et sur laquelle j'aurai à revenir souvent.

Deux naturalistes éminents, appartenant à des écoles différentes, avaient déjà réfuté, en s'appuyant sur des considérations diverses, la doctrine à laquelle s'est rallié Darwin. Fréd. Cuvier, au nom de la morphologie, — et c'est d'autant plus frappant de la part d'un partisan de la fixité de l'espèce, — nous dit, à

propos de l'hypothèse de plusieurs souches canines : « Nous ne partageons pas cette manière de voir; les modifications les plus fortes n'arrivent au dernier degré de développement que par des gradations insensibles; on les voit naître véritablement, et dès lors il est impossible de supposer leur existence dans une espèce qui aurait antérieurement existé. » N'est-ce pas le langage même du bon sens? Nous retrouvons là cet argument si familier à tous les naturalistes qui ont pratiqué l'espèce, argument qui consiste à considérer seulement comme types de races les termes extrêmes de séries composées d'êtres dont les caractères se nuancent insensiblement et s'entrecroisent de l'un à l'autre.

Combien le spectacle de nos deux expositions de chiens n'était-il pas fait pour mettre en lumière cet enchevêtrement, cette gradation des formes, et pour justifier les paroles de Cuvier! Nous ne recevions pas les chiens que l'on nous présentait en si grand nombre sans les avoir jugés de races très-pures. Souvent même j'ai trouvé les exigences du jury poussées trop loin sur ce point. Bien des fois il m'est arrivé de plaider inutilement l'admission de tel candidat remarquable par certains caractères qui me paraissaient intéressants, mais qu'une trace de bâtardise ou un simple écart des caractères voulus faisaient impitoyablement exclure par nos jurés amateurs. Et cependant, qu'il y avait encore, malgré cette sévérité, d'éléments pour former entre les types les plus extrêmes des séries à termes presque aussi rapprochés qu'on aurait pu le désirer!

Le même Fréd. Cuvier déclare ailleurs que si l'on voulait entrer dans la voie de l'admission de plusieurs souches canines, il faudrait admettre logiquement que plus de cinquante ont apporté leur contingent de caractères. Or, sur ces cinquante prétendues espèces, quarante au moins n'existeraient ni dans la faune actuelle, ni dans la faune fossile. On ne peut en effet admettre, dans l'état actuel de nos connaissances zoologiques et paléontologiques, que quarante types d'espèces voisines nous aient échappé. Au reste, les chiffres de Cuvier sont de plus en plus vrais, puisque le nombre des formes nouvelles ne cesse de croître.

Voilà, dans tous les cas, une considération qui suffirait à elle seule pour faire rejeter le système du mélange des souches. Mais la physiologie est plus explicite encore que la morphologie, et Is. Geoffroy, qui se trouve ici sur son véritable terrain, s'exprime comme il suit : « Cette explication (par les espèces analogues aux espèces actuelles) est absolument inadmissible. Comment le croisement de deux animaux offrant les caractères actuels du genre *Canis* eût-il pu donner naissance au basset, au bichon, au dogue? Tout hybride ressemble à ses parents, tenant même souvent le milieu entre eux. Par conséquent, l'hybridité ne fait que combiner dans les descendants des caractères déjà existants dans les souches. Elle n'en crée pas de nouveaux. »

Peut-être arguerait-on des expériences de M. Naudin sur les végétaux pour expliquer par l'hybridation même la variété si grande des races de chiens. Mais ces races forment des suites, et, par cela seul, ce serait faire une application très-inexacte des résultats auxquels est arrivé mon savant confrère, que de les appliquer à la question actuelle.

Enfin des expériences nombreuses, journalières, très-souvent involontaires, montrent que les races les plus éloignées se croisent facilement, que ces unions sont fécondes et donnent des produits également féconds..

Vous verrez plus tard, lorsque nous aurons à reprendre ces questions de croisement et d'hybridité, combien ces faits sont en contradiction avec la doctrine qui donnerait aux chiens pour origine plusieurs espèces distinctes. Au reste, personne, et Darwin lui-même le proclame, n'a prétendu que les formes extrêmes pussent être dues au croisement seul. Il cite le limier, le bull-dog, le blenheim, le terrier, comme ne pouvant provenir d'une cause pareille. Il aurait pu en ajouter bien d'autres. Tous les *Canis* sauvages sont velus, mais pas un n'a le poil semblable à celui du barbet pour la finesse et la longueur, qui en font presque une véritable laine. D'un autre côté, le chien turc et le chien de Guinée sont absolument nus, etc.

La doctrine du croisement des espèces et de l'origine multiple du chien nous amènerait à des conséquences inadmissibles, et, en particulier, à l'admission de souches ne faisant même plus partie du genre *Canis* des naturalistes. D'ailleurs, de l'aveu même de Darwin, cette doctrine n'explique pas, à beaucoup près, tous les faits que présente l'étude du chien ; de telle sorte qu'elle est à la fois hypothétique et insuffisante.

Au contraire, lorsque nous parlerons de la formation actuelle des races, je vous montrerai qu'une espèce étant donnée, il peut s'y former des races différant du type initial tout autant que diffèrent entre elles les formes extrêmes de certains chiens. Vous verrez que, de nos jours, on a obtenu un mouton-basset et un bœuf-dogue par simple apparition de variétés nouvelles, et sans faire intervenir de transmutations d'espèces, comme on en a imaginé à propos du chien.

Nous l'avons vu, des représentants éminents des deux écoles de la fixité et de la variabilité de l'espèce, s'appuyant les uns et les autres sur la morphologie et sur la physiologie, s'accordent pour repousser toute doctrine faisant du chien un être spécifiquement complexe. Un pareil accord ne pourrait exister entre eux, si les faits ne parlaient très-haut.

Remarquez en outre, comme nous l'avons déjà indiqué, que pas une des raisons invoquées par Darwin, quand il s'agit du pigeon, ne perd sa valeur quand on la rapporte au chien. En effet, en faveur de l'unité spécifique, soit du pigeon, soit du coq, Darwin invoque la fécondité des croisements entre races éloignées, ainsi que la fécondité indéfinie des métis; et il est inutile, je pense, d'insister sur la fertilité entre races canines. Rappelons seulement que Is. Geoffroy a croisé aisément entre elles les plus éloignées.

Darwin cependant a élevé des difficultés. Il a affirmé que l'alco, le chien du Mexique, a de l'aversion pour nos chiens européens. Mais il en est de même pour ces derniers lorsqu'ils se trouvent en présence de compatriotes vivant dans une même localité. Des chiens français ou anglais arrivant à Constantinople se trouvent comme des étrangers au milieu d'une race vraiment en possession du sol. Ils y sont fort mal reçus; mais ce n'est pas un signe d'aversion tenant à une différence d'espèce, car on sait qu'il en est de même pour tout chien de la ville qui s'aventure dans un quartier occupé par une colonie autre que celle dont il fait partie.

Darwin cite de plus le dingo et le spitz, ou chien de Poméranie, au pelage épais et droit, comme s'unissant volontiers au renard. Mais ce dernier n'a été considéré par personne, pas même par Darwin, comme une souche du chien; et la plupart des naturalistes sont d'avis d'en faire un genre à part. Je ne vois donc pas ce que prouveraient ces unions, si tant est qu'elles soient réellement faciles. On ne nous dit pas qu'elles aient été fécondes; on ne nous dit pas non plus que les pro-

duits en aient été féconds. Sans ces deux conditions, le fait ne prouve rien. Nous en verrons bien d'autres, et de plus étranges encore. Il n'est donc pas impossible qu'on ait constaté des faits d'accouplements de ce genre ; mais il ne faut y voir qu'une de ces aberrations de l'instinct que la captivité provoque, et sur lesquelles nous reviendrons avec détail en parlant des croisements.

Nous ne pouvons donc accepter la première réponse à la question de l'origine du chien ; nous ne pouvons voir en lui, pas plus que Cuvier et Geoffroy ne l'ont fait, le produit du croisement de plusieurs espèces. Il faut en venir à l'idée que tous les chiens appartiennent à la même espèce. Mais ici encore nous rencontrons des solutions assez différentes du problème.

Quelques naturalistes admettent l'existence d'une espèce sauvage unique, existant antérieurement à la période géologique actuelle, mais qui aurait aujourd'hui complétement disparu et ne compterait plus que des descendants domestiqués. Je ne crois pas avoir besoin d'insister longuement pour vous montrer que c'est là une théorie toute gratuite, qui ne rend compte de rien, ne repose sur rien et se trouve en contradiction avec les faits paléontologiques.

Cette seconde opinion, que nous n'accepterons pas plus que la première, offre une variante. Des hommes d'une incontestable autorité, Linné, Buffon, Blainville et les deux Cuvier ont soutenu que nos chiens constituaient une espèce propre entièrement domestiquée, le *Canis familiaris* de Linné, et qui n'existerait nulle part à l'état sauvage. Toutefois Fréd. Cuvier, qui avait étudié la question de plus près que son illustre frère, se montre aussi plus réservé. Buffon est celui qui a le plus insisté. Il a voulu rechercher celui des chiens qui serait le plus près de la nature. Il a cru le voir dans le chien de berger ; et, partant de là, il a tracé l'arbre généalogique des races canines.

Frédéric Cuvier fait justement remarquer ce que ce tableau a d'arbitraire et de contradictoire avec un grand nombre de faits. Lui aussi a dressé un tableau méthodique. Mais il s'est montré, je le répète, plus réservé dans sa manière d'envisager l'ensemble des chiens. Pour lui, le type le plus rapproché de la nature est le dingo d'Australie, et voici dans quel ordre et d'après quels caractères il les rapproche ou les éloigne de ce type, regardé par lui comme le plus pur.

Tableau des principales races de chiens.

Museau	plus ou moins allongé.	Pariétaux tendant à se rapprocher.	Dingo (chien d'Australie).
			Mâtin proprement dit.
			Danois.
			Levriers.
		Pariétaux tendant à s'écarter.	Épagneuls.
			Barbets.
			Chiens courants.
			Chien de berger.
			Chiens-loups.
			Bassets.
			Braques.
			Alco (chien d'Amérique).
	court.		Dogues.
			Doguins.

Remarquons que ce tableau, comme celui de Buffon, que nous ne reproduisons pas, et comme celui de la Société d'acclimatation, est forcément très-incomplet.

Malgré l'autorité des noms que je viens de vous citer, l'opinion dont ils se sont faits les soutiens est aisée à réfuter. En effet, le chien est redevenu sauvage partout où il a trouvé des conditions favorables de multiplication en dehors de tout secours humain. De là viennent, en Asie et en Amérique, ces troupeaux si nombreux de chiens libres, dont le retour à leur instinct naturel a fait de véritables bêtes féroces ajoutées artificiellement à la faune de ces contrées.

Comment l'homme des anciens jours, avec infiniment moins de ressources et réparti en populations bien moins denses que l'homme actuel, aurait-il pu soumettre en entier une espèce sauvage dont les instincts de liberté étaient encore intacts, quand de nos jours cette espèce reprend encore si facilement cette liberté après des siècles de servitude ?

L'opinion de Buffon et de Cuvier est née de la difficulté qui existe à déterminer la souche canine première. Cette difficulté était réelle, peut-être insurmontable, quand ils écrivaient. Elle ne l'est plus, grâce aux progrès que la science a accomplis depuis l'époque à laquelle vivaient nos illustres devanciers. Pour nous, nous sommes conduit à admettre une seule espèce de chiens issus d'une souche sauvage encore existante et qu'il n'est pas très-difficile de reconnaître.

Verrons-nous dans notre fidèle compagnon le loup apprivoisé et domestiqué, comme l'ont soutenu Cardan, Zimmerman et Hunter ? Quelques faits ignorés ou oubliés par ces naturalistes suffisent pour réfuter leur opinion. Le caractère et les mœurs diffèrent au plus haut degré. Tandis que le chien est sociable, le loup vit solitaire. Vous connaissez d'ailleurs la haine de ces deux animaux l'un contre l'autre. Il existe enfin entre eux une grande divergence physiologique résultant de la durée de la gestation. La louve porte de cent cinq à cent dix jours, et la chienne seulement de soixante à soixante-trois jours. Or, comme il s'agit ici d'animaux à peu près de même taille, une pareille différence est complétement *incompatible* avec leur réunion en une seule et même espèce.

Il est un autre animal à peine connu de Linné et de Buffon, qui l'est au contraire aujourd'hui très-bien, et en qui il faut certainement voir la souche sauvage de nos chiens domestiques : c'est le chacal (*Canis aureus*).

Ce n'est point par un à priori que l'on est arrivé à cette conclusion. Cet animal a été pendant très-longtemps fort mal connu, et, avant d'avoir sur son compte un ensemble suffisant d'informations lentement et successivement acquises, on avait déjà épuisé toute la liste des probabilités dans la question des origines canines. C'est devant des faits et après des recherches délicates qu'un grand nombre de savants ont été amenés à le considérer comme la souche unique, ou tout au moins comme une des principales souches de nos chiens. En 1776, deux hommes éminents, Pallas et Guldenstædt, qui tous deux avaient vu les chacals dans leur patrie, arrivaient déjà à ces conclusions. Lepsius, Emprich, Ehrenberg, les adoptèrent en les confirmant. Les deux Cuvier et Blainville étudièrent à leur tour et comparèrent, au point de vue ostéologique, le chacal et le chien, et ce fut encore pour montrer combien les deux types se rapprochaient. Enfin Is. Geoffroy, qui les observa simultanément au Muséum, répondit aux dernières difficultés que l'on avait opposées à l'opinion de Pallas, tout en la précisant encore mieux. J'ai pu ajouter moi-même quelques faits de plus en sa faveur.

Je vais passer en revue les objections et les réponses.

Pallas et Guldenstædt insistaient surtout sur la ressemblance des caractères physiques et des instincts. Pallas appelle le chacal *animal humanissimum, præcipue homini amicum.* Il le représente vivant avec les hordes asiatiques, à peu près

comme le moineau parmi nous, mais s'apprivoisant plus facilement. Cuvier, Fréd. Cuvier et Blainville constatent, de leur côté, l'identité anatomique des deux êtres. Fréd. Cuvier est même évidemment très-près d'adopter l'opinion de Pallas, et 'est arrêté que par la question de pelage et de coloration.

Is. Geoffroy oppose à ces objections et à celles qu'on a joutées aux précédentes les résultats d'observations précises.

1° Le chien, disait-on, n'a pas l'odeur du chacal. C'est que domestication lui a enlevé son fumet ou n'en laisse chez i que de bien faibles traces. Mais on lui rend bien vite son deur en le nourrissant de viandes crues, et même à la longue e viandes cuites. Vous savez en effet combien les femmes ritent de soumettre leurs chiens d'appartement à un régime ssi dangereux par ses conséquences. Is. Geoffroy a élevé au uséum des chiens avec de la viande crue, et il n'a pas tardé retrouver chez eux l'odeur du chacal.

2° On avait affirmé que la gestation était bien plus courte ez le chacal. Belingieri avait opposé le chiffre de trente et jours aux chiffres de soixante et de soixante-trois jours, qui épondent à la durée de gestation des petites et des grandes ces de chiens. Certes, devant une différence aussi énorme, chacal non-seulement ne pourrait pas être la souche nique du chien, mais pas même une des souches principales. Cependant Blainville savait déjà que le chacal portait moins cinquante-neuf jours, et l'on a reconnu que ceux de Ménagerie présentaient une durée de gestation variant entre ixante et soixante-trois jours, exactement comme le chien.

3° Dira-t-on que le chien ne ressemble pas au chacal? C'est oujours la même difficulté qui se présente dans les races à opos de la question morphologique. Mais ici les observations Pallas, de Guldenstædt et d'Ehrenberg la résolvent immédiatement. Ils ont en effet trouvé une grande ressemblance ntre les chacals et certains chiens. Moi-même j'ai appelé sur point l'attention de voyageurs allant en Orient. Ils m'ont nanimement dit que, dans ces contrées, le chacal ne se distinguait souvent qu'avec peine du chien, et que l'on voyait fréquemment le premier se mêler aux troupeaux, suivre les bergers, quitte à se sauver à l'arrivée d'un étranger. En Europe ême, certains chiens domestiques ressemblent au chacal par r coloration.

Geoffroy insiste particulièrement sur le fait de la réapparition isolée, dans les races canines les plus différentes, du pelage chacal, et vous vous rappelez que, dans son travail sur les geons, Darwin attache la plus grande importance à des observations analogues, au point de vue de l'unité de l'espèce; lement, quand il s'agit du chien, il n'en parle même pas. n insiste cependant, et l'on dit que les chiens libres ne emblent pas aux chacals. Cela est vrai dans certaines trées. Mais quand nous étudierons les races libres, je vous i observer qu'elles sont loin de reproduire toujours le type rage, et que presque toujours, au contraire, l'empreinte a main humaine leur laisse des caractères ineffaçables.

Le chien aboie et le chacal n'aboie pas, a-t-on dit en. Mais on sait que l'aboiement n'est qu'une voix acquise, cielle. Les chiens isolés de l'homme en perdent souvent vite la faculté, pour la recouvrer ensuite s'ils n'en ont té trop longtemps privés. Enfin ce caractère reparaît les descendants de générations muettes, quand ils sont cés dans des conditions favorables. Or, Is. Geoffroy nous d'un chacal amené jeune à la Ménagerie, qui s'est mis à er, tandis qu'un jeune loup, son voisin de captivité, essayait en vain de suivre son exemple. Le chacal possède en outre toutes les autres voix du chien, la voix du désir en particulier, « *Vox desiderii caninæ simillima* », dit Pallas.

5° On a dit que le chacal se terre, tandis que le chien ne se terre pas. D'abord le chacal ne se terre pas à la façon du renard et surtout du blaireau; mais il se creuse accidentellement un abri. Or, nous avons des chiens qui agissent de même. En voici un exemple tout récent. Dans son dernier voyage en Orient, le duc de Luynes ramena une jeune chienne de bazar, appartenant par conséquent à une race demi-libre et parfaitement caractérisée. Il l'avait prise dans les fossés de Jérusalem. Cette chienne devint pleine. Mais, après avoir constaté sa délivrance, on ne trouva pas la nichée, jusqu'au moment où elle fut enfin découverte dans un terrier de 2 mètres. Fille d'une race à demi libre, cette bête en avait conservé les instincts.

Il y a plus : le chien peut devenir plus terrier que le chacal. M. Maxime du Camp a vu près du Caire toute une colonie chez qui l'habitude de se terrer était passée dans les mœurs. Je tiens de lui qu'étant à la chasse avec un de ses amis quelque peu myope, celui-ci, apercevant toute une bande de chiens libres, ajusta une chienne et ses petits, et, sitôt le coup tiré, vit disparaître la bande entière. Il crut d'abord les avoir tous tués; mais en s'approchant, on reconnut que ses prétendues victimes s'étaient toutes renfermées à temps dans leurs terriers. Ces chiens présentaient donc toutes les habitudes du *Canis latrans*, ou chien des prairies d'Amériqne, et celles des chiens libres d'Asie, dont Fréd. Cuvier nous a déjà fait connaître les mœurs.

6° On a prétendu enfin que le chacal même apprivoisé restait toujours sauvage. C'est là une erreur réfutée par des faits nombreux que citent les voyageurs. Is. Geoffroy a vu à Grenoble un chien, comme on l'appelait, mais en réalité un chacal, doux, familier et caressant. Il appartenait à un soldat qui l'avait ramené d'Afrique. Ce chacal vaguait librement dans les rues, jouant avec les vrais chiens, non pas toutefois sans avoir été exploré d'abord par eux, suivant ce bizarre instinct dont Phèdre a cherché à rendre compte; puis, examen fait, accueilli en camarade. La science, en proclamant la fraternité du chien et du chacal, leur unité spécifique, se trouve donc ici d'accord avec l'instinct et — on peut le dire — avec le flair de ces animaux.

En résumé, si la théorie qui rattache les chiens à des souches multiples se renferme dans les données de la zoologie et de la paléontologie, si elle renonce aux hypothèses purement gratuites, elle ne peut rendre compte de la variété des races canines; les plus tranchées d'entre elles se refusent à une interprétation de cette sorte. Au contraire, les faits contemporains justifient la croyance à l'unité d'origine des races les plus excentriques.

Or, dans les espèces existantes, nous en trouvons une qui s'étend du Sénégal à l'Inde, et peut-être même au Cap, espèce qui est incontestablement reconnue pour être au moins la souche de certaines races canines. Il n'est pas surprenant qu'un animal si facile, si *humanissime*, comme le dit Pallas, ait pu être emmené sur un grand nombre de points, où il a ensuite subi des variations plus ou moins considérables.

Irons-nous chercher le type primitif de nos chiens dans une autre espèce plus cantonnée et moins ressemblante? Évidemment non. Tout nous conduit donc à voir dans le *Canis*

aureus, ou chacal, la souche de notre chien domestique, le *Canis familiaris*.

Nous reviendrons, au reste, sur cette espèce, si intéressante à tant de titres, en nous occupant des *races libres*. Les faits qu'offriront à notre étude les chiens qui ont reconquis leur liberté après avoir été domestiqués compléteront les enseignements que nous a déjà fournis l'histoire de leurs frères, vivant encore auprès de nous.

ARM. ABELIVIER.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

M. CH. MONTIGNY.

La scintillation des étoiles.

M. Dufour, professeur à Morges, en Suisse, présenta à l'Académie, en 1855, la première partie de ses observations sur la scintillation d'étoiles de première grandeur (1). Son procédé consistait essentiellement à fixer une étoile à l'œil nu, et à apprécier le caractère d'intensité de chaque scintillation par un chiffre entier ou fractionnaire de la série 0 à 10, série dans laquelle 0 représente une scintillation nulle, et 10 une de ces fortes scintillations qui ne se rencontrent que rarement et seulement près de l'horizon, là où l'étoile paraît sautiller, changer de couleur et parfois même disparaître. « C'est en comparant » fréquemment la scintillation des différentes étoiles à toutes les » heures de la nuit », dit M. Dufour dans l'exposé très-détaillé de sa méthode, « que j'étais parvenu à bien connaître ce qui » était pour moi une scintillation 1, 2, 3, 4, et, même avec un » peu d'expérience, je ne tardai pas à trouver des degrés entre » une scintillation 0 et une scintillation 1, entre 1 et 2. »

En s'armant d'une patience à toute épreuve, M. Dufour est parvenu à réunir plus de 13000 observations de scintillation. Remarquons toutefois que, dans son travail, l'auteur n'établit aucune distinction entre les changements de couleur et les variations d'éclat, qui constituent cependant deux particularités essentiellement distinctes dans la scintillation, mais que l'œil nu différencie avec peine lorsque cet organe est affecté par une variation rapide dans la lumière de l'astre.

Dans le cours de ses recherches, M. Dufour a soumis les résultats obtenus à M. Argelander, et cet habile observateur les a trouvés, à l'œil nu, tout à fait conformes à ses propres remarques (2).

Voici trois propositions que M. Dufour a déduites de l'ensemble des 13000 observations recueillies :

1° Toutes choses égales d'ailleurs, les étoiles rouges scintillent moins que les blanches.

2° L'intensité de la scintillation est à peu près proportionnelle au produit obtenu en multipliant la réfraction par l'épaisseur de la couche d'air traversée par le rayon lumineux que l'on considère.

3° Outre le fait de l'influence des couleurs, il y a encore entre la scintillation des étoiles des différences essentielles qui paraissent provenir des étoiles elles-mêmes.

M. Dufour ajoute qu'il présente ces propositions avec la conviction profonde que les deux premières sont certaines, et que, quant à la troisième, il l'indique sans en tirer, pour le moment, d'autres conséquences, quoiqu'elle touche à des questions assez graves pour qu'il vaille la peine de l'examiner.

Il importait de donner ici ces indications générales sur les recherches de M. Dufour, afin d'en faire valoir l'importance avant de montrer que les deux premières lois s'expliquent très-bien par la théorie de la scintillation que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie (1).

Rappelons brièvement que cette théorie repose, d'une part, sur le fait incontestable de la séparation, par dispersion atmosphérique, des faisceaux de rayons diversement colorés émanant d'une même étoile, en traversant l'atmosphère, avant leur réunion en avant de l'œil ou de la lunette ; et, d'autre part, sur les interceptions partielles ou complètes que subissent ces faisceaux colorés par des effets de réflexion totale, qui doivent fréquemment se produire, à l'égard de ces faisceaux, aux surfaces de séparation des ondes aériennes de densités différentes, dont les mouvements si variés agitent incessamment les couches atmosphériques (2).

Pour expliquer la première loi de M. Dufour, nous ferons remarquer d'abord que les rayons de diverses couleurs émanant d'une étoile blanche ont été préalablement séparés par dispersion atmosphérique, avant d'arriver à l'œil pour toute distance zénithale autre que 0°. Considérons le plan vertical passant par l'œil que suivent les minces faisceaux sensiblement couchés des sept couleurs principales, et qui ont chacun en largeur l'ouverture de la pupille ; concevons une tranche perpendiculaire à ce plan et au rayon moyen qui soit traversée par tous ces faisceaux épanouis à l'endroit de leur séparation complète : cette tranche y mesurera l'écartement des faisceaux. A égalité de distance zénithale, la partie de cette tranche interceptant ces derniers est bien plus grande quand l'étoile est blanche que si elle est colorée, car, dans le premier cas, les faisceaux colorés sont au complet. Au contraire, dans le cas de coloration, celui d'une étoile tout à fait rouge par exemple, les faisceaux lumineux, qui *sont alors limités* aux rayons rouges, ne traverseront la tranche considérée que sur un septième environ de la partie qui eût été pénétrée par l'ensemble des faisceaux colorés provenant d'une étoile parfaitement blanche. Cela posé, il est évident que les chances d'interception à l'égard des rayons émanant d'une étoile rouge, par effets de réflexion totale à la surface des ondes aériennes qu'ils rencontrent dans l'atmosphère, sont beaucoup moindres, toutes choses égales d'ailleurs, que si un ensemble complet de rayons émanant d'une étoile blanche se trouvent épanouis sur un espace sept fois plus étendu en hauteur sur la tranche en question.

Cette conséquence est tout aussi vraie si la lumière d'une étoile colorée n'est pas composée d'une teinte exclusive ; car les faisceaux colorés qui, par leur réunion dans l'organe visuel après leur dispersion préalable dans l'atmosphère, y constituent la lumière naturelle de l'étoile, occuperont toujours sur la tranche considérée un espace plus restreint que si ces rayons étaient au complet et capables de former, par leur réunion dans l'œil, la lumière blanche stellaire.

Je présume que, parmi les autres étoiles colorées, les jaunes et les bleues scintillent plus que les rouges : en effet, d'une part,

---

(1) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1[re] série, t. XXXIII, 1[re] partie, page 366.

(2) C'est à M. Argelander que revient l'idée d'expliquer la différence que présente la scintillation des étoiles Wega et la Chèvre par la diversité de leur coloration, la première de ces étoiles étant très-blanche et l'autre jaunâtre.

(1) *Mémoires des savants étrangers*, t. XXVIII.

(2) On ne saurait nier la possibilité de ces réflexions aux surfaces limites des portions d'air de densités différentes, et par conséquent la réalité de ce mode d'interception des trajectoires lumineuses dans l'air : car, d'une part, ces réflexions totales sont la cause du phénomène du mirage ; et, d'autre part, quand on observe, à l'aide d'une lunette, des objets terrestres à la chaleur du jour, on voit parfois certaines parties de ceux-ci disparaître momentanément par le fait de l'interposition d'ondes aériennes. Or, ces disparitions s'expliquent aisément par le même principe des réflexions totales, ainsi que je l'ai fait voir, en dernier lieu, dans mon mémoire sur la scintillation à l'aide d'expériences artificielles, et précédemment dans un autre travail qui est inséré au tome XXVI des *Mémoires des savants étrangers*.

rayons jaunes et surtout les bleus interceptent une plus grande partie de la tranche considérée ; et d'autre part, les rayons bleus sont sensiblement exposés à des chances plus fréquentes de réflexion totale à la surface des ondes, à cause de la réfrangibilité plus grande de ces derniers rayons. Je rappellerai, à l'appui de cette présomption, que lors des observations citées dans mon mémoire, où j'analysai la lumière d'une étoile scintillante à l'aide d'un prisme placé en avant d'une lunette, les couleurs de l'extrémité bleue du spectre prismatique ont été le siége de disparitions beaucoup plus fréquentes relativement aux couleurs de l'extrémité opposée.

Passons actuellement à la seconde loi citée, qui établit la proportionnalité de la scintillation au produit de la réfraction astronomique multipliée par l'épaisseur de la couche d'air que le rayon lumineux traverse.

D'abord, il n'est pas nécessaire que les ondes aériennes capables d'intercepter par moments les rayons stellaires qu'elles traversent, existent jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère ; nous raisonnerons comme si ces ondes s'élevaient seulement jusqu'à certaine hauteur au-dessus de la surface de la terre, sans guère dépasser une couche atmosphérique limite, concentrique au centre terrestre, et dont nous n'avons pas à rechercher ici l'élévation, qui est probablement très-grande et variable. Ce fait admis, il est évident qu'à l'égard de tout rayon coloré provenant d'une étoile, et considéré individuellement, les chances de rencontre des ondes capables d'intercepter ce rayon par effets de réflexion totale augmentent pour celui-ci avec la longueur de *la partie de sa trajectoire* qui est comprise entre la couche d'air *en question* et le lieu occupé par l'observateur. Or, la longueur de cette partie croissant avec la distance zénithale de l'étoile, il n'est point surprenant que la fréquence de la scintillation augmente proportionnellement à l'épaisseur de toute la masse d'air que le rayon traverse, attendu que la partie inférieure de sa *trajectoire considérée* jusqu'à la couche limite augmente à très-peu près *comme* l'épaisseur totale pour des obliquités croissantes, jusqu'à certaine valeur extrême de distance zénithale.

J'ai prouvé, dans mon travail, que la coloration ou l'éclat d'une étoile scintillante varie dès qu'une petite partie, un vingtième de chaque faisceau coloré, est intercepté. Ce fait rappelé, il est évident que les chances d'interception des faisceaux dans une couche d'air quelconque, inférieure à la couche limite, qu'ils traversent, sont proportionnelles à l'étendue de la section de pénétration de l'ensemble des faisceaux dans cette couche. Or, cette étendue augmente proportionnellement à l'écart des rayons extrêmes rouge et bleu mesuré dans cette couche atmosphérique (1). J'ai montré, dans la partie de mon mémoire où sont exposés les calculs qui servent de base à ma théorie, que, si l'on désigne par d' la distance des trajectoires linéaires rouge et bleu aboutissant à l'œil de l'observateur, distance qui est mesurée non plus dans la tranche dont il a été question plus haut, mais suivant un arc ou une couche d'air concentrique à la terre, élevée de y au-dessus de l'horizon, la valeur de cet écart correspondant à la distance zénithale Z de l'étoile est donnée par la formule :

$$d' = \frac{\sin Z}{\cos v}\, 26^{\text{м}},23 \left(1 - \frac{1,00058896}{10^{\frac{y}{18396^{\text{м}}}}}\right)$$

L'angle Z exprime la distance zénithale apparente de l'étoile mesurée au niveau du sol, tandis que v indique cette distance angulaire supposée observée dans la couche élevée de y. Or, au point de vue de la question posée ici, ces deux distances angulaires diffèrent assez peu l'une de l'autre pour qu'il soit permis de poser $\frac{\sin Z}{\cos v} = \text{tang } Z$. D'après cela, l'étendue de la section commune à l'ensemble des faisceaux et à la couche atmosphérique où existent nécessairement des ondes interceptantes, et qui est élevée de y au-dessus de l'horizon, croît avec l'obliquité de l'étoile proportionnellement à la tangente de la distance zénithale.

Rappelons maintenant que, pour toute distance zénithale moindre que 80 degrés, la valeur de la réfraction r est à très-peu près proportionnelle à la tangente de la distance zénithale de l'étoile considérée, ainsi que nous le montre la formule si connue de Bradley :

$$r = 60'',666 \text{ tang } [Z - 3,25\, r].$$

Puisque, d'une part, la réfraction astronomique croît à très-peu près proportionnellement à la tangente de la distance zénithale, et que, d'autre part, la proportionnalité à cette tangente existe aussi pour l'étendue de la section commune à l'ensemble des faisceaux lumineux et à la couche atmosphérique, ce qui détermine les chances d'interception de ces rayons ou les phases de la scintillation dans cette section, il résulte évidemment de la liaison entre ces conséquences que la fréquence de la scintillation est sensiblement proportionnelle à la réfraction. Comme nous avons vu plus haut que la fréquence des interceptions possibles à l'égard d'un rayon quelconque considéré individuellement augmente suivant l'étendue de sa trajectoire dans l'air, si nous tenons compte à la fois de cette première conséquence et de tout ce qui vient d'être exposé, nous arrivons à ce résultat final :

« La fréquence ou l'intensité de la scintillation est à peu près proportionnelle au produit obtenu en multipliant la réfraction par l'épaisseur de la masse d'air que les rayons traversent. »

Cette concordance entre la théorie et le résultat des observations de M. Dufour, qui découle si simplement de la première, vient, me paraît-il, à l'appui des considérations sur lesquelles repose la théorie que j'ai émise.

Quant aux différences essentielles qui, à égalité de distance zénithale et de coloration, distinguent les diverses étoiles, comme l'indique la troisième proposition de M. Dufour, je ne cherche pas à l'expliquer. Peut-être l'analyse spectrale de la lumière des étoiles nous révélera-t-elle la cause de cette particularité de la scintillation. Disons toutefois que M. Dufour s'est demandé, dans son travail, si cette distinction entre la scintillation de deux étoiles ne résulterait point d'une différence entre leurs diamètres apparents, différence qui échappe aux mesures tentées à l'aide des instruments les plus puissants et les plus précis.

Les particularités que présente la scintillation d'une étoile à un moment donné varient non-seulement avec les circonstances indiquées, mais selon la position du spectateur qui l'observe à l'œil nu. J'ai montré en effet, à l'aide d'expériences précises, que, conformément aux prévisions d'Arago, la scintillation d'une étoile n'est point la même, à tout instant, pour deux observateurs diversement placés (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, t. XVII). Je ferai voir prochainement que les particularités de la scintillation, observées soit à l'œil nu ou à l'aide d'une lunette, diffèrent notablement dans l'un et l'autre cas, et que, dans le second, les différences varient avec la grandeur de l'objectif.

Ces études sur un phénomène mystérieux, qui depuis longtemps attire l'attention des astronomes et des physiciens, ne sont point dépourvues d'un caractère d'utilité réelle, en présence des tentatives faites par plusieurs observateurs pour prédire le temps qu'il fera le lendemain d'après les particularités que la scintillation des étoiles présente la veille.

---

(1) Je considère ici comme rayons extrêmes les rayons bleus et non les violets, parce que je n'avais pas encore déterminé l'indice de réfraction par l'air relatif à ces derniers lors de la production de mon mémoire.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

M. Dumas, secrétaire perpétuel, a présenté à l'Académie des sciences le quatrième volume des *Œuvres de Lavoisier*, publiées par les soins de Son Exc. le Ministre de l'instruction publique. Comme éditeur de cet ouvrage, M. le secrétaire perpétuel fait connaître sommairement les matières dont se compose ce quatrième volume. Il est consacré aux objets suivants :

1° Rapports faits à l'Académie des sciences ;

2° Histoire de la transformation de l'Académie en 1785 ;

3° Pièces relatives à la suppression de l'Académie ;

4° Travaux de Lavoisier comme membre du Comité de consultation des arts et métiers ;

5° Rapports sur l'instruction publique ;

6° Rapports sur la fabrication des assignats ;

7° Mémoire sur la distillation des eaux-de-vie et de l'eau de mer.

M. le secrétaire perpétuel fait remarquer que les rapports, et en général les documents que ce volume contient, sont écrits de la main de Lavoisier et presque tous inédits ; que les rapports sont au nombre de cent quatre-vingts, et qu'il est facile de s'assurer que tous portent l'empreinte de la même application de la part de leur auteur. Que l'objet en soit général ou spécial, large ou circonscrit, analogue à ses occupations ordinaires ou éloigné d'elles, Lavoisier montre toujours la même déférence pour les ordres de l'Académie, le même soin pour les intérêts de la science. Ses rapports sont brefs si l'objet ne mérite pas un exposé étendu, longs si la matière l'exige, mais toujours lucides et entraînant la conviction. On peut dire encore aujourd'hui qu'il épuise le sujet dans tous les cas où il traite des questions d'intérêt général, et il serait difficile de trouver, par exemple, à l'égard des papiers employés pour la confection des titres, actions de chemins de fer, obligations, etc., des règles plus sûres que celles qu'il formule pour la fabrication des assignats.

L'Académie des sciences ne possédait, avant 1785, ni section de physique, ni section de géologie et de minéralogie. Lavoisier avait signalé dans sa jeunesse, en 1776, cette lacune au président de l'Académie, mais sans signer la lettre qu'il lui adressait. Elle demeura sans effet, et il eut la satisfaction longtemps après, en 1785, devenue directeur de l'Académie, de réaliser lui-même sa pensée. J'ai rassemblé tous les documents qui ont trait à cette transformation, opérée avec la plus rare prudence et les ménagements les plus délicats pour les intérêts et la dignité des membres de l'Académie dont elle modifiait la situation.

J'en ai rapproché les lettres que, huit ans plus tard, il adressait à Lakanal pour préserver l'Académie d'une suppression déjà imminente. En 1785, Lavoisier, à l'occasion de la transformation de l'Académie, trace avec une grande netteté l'histoire de ses origines ; en 1793, sous la menace de sa suppression, c'est avec la même lucidité qu'il fait connaître l'état des travaux de la Compagnie et qu'il rend compte de ses services. Les titres de l'Académie des sciences à la reconnaissance de la nation et à la confiance du gouvernement étaient contestés dans ces temps malheureux : le mémoire adressé par Lavoisier à Lakanal les consacre de la manière la plus calme, avec une grande dignité.

J'ai placé, à la suite de ces pièces, tous les rapports du Bureau de consultation des arts et métiers dont Lavoisier a été chargé. Il en est qui fournissent des informations intéressantes sur la part que Lavoisier avait prise à l'établissement de la carte minéralogique de France.

Le rapport sur la fabrication des assignats doit être attribué à cette époque de la vie de Lavoisier. Il fut composé, au nom d'une commission mixte dont il était l'organe, et qui était empruntée en partie à l'Académie des sciences, en partie au Bureau de consultation des arts et métiers.

Je publie, à la suite des documents qui concernent le Bureau, deux pièces importantes dont je dois la connaissance à notre confrère M. le général Morin. Quelques semaines avant son arrestation, Lavoisier, qui avait si souvent fait, au nom du bureau, des rapports sur les titres à la reconnaissance nationale des savants ou artistes qui avaient besoin de protection, réclama à son tour et obtint un rapport où l'utilité de ses propres travaux est attestée par ses confrères,

Enfin, le volume est terminé par un mémoire, accompagné de planches, sur la distillation des eaux-de-vie et de l'eau de mer. Ce mémoire, publié sous forme anonyme en 1775, avec des circonstances singulières qui n'ont jamais permis de supposer que Lavoisier en fût l'auteur, lui est restitué avec toute justice, car l'éditeur possède : 1° le manuscrit de ce mémoire, écrit de sa main ; la correspondance qui établit à quelle occasion il fut composé par lui.

Lavoisier donne, dans cet ouvrage, la règle à suivre pour la construction des réfrigérants et pour la meilleure construction des fourneaux. Il montre que, pour avoir le maximum d'effet avec le minimum de dépense, dans toute distillation, et dans celle de l'eau de mer en particulier, il faut faire marcher la vapeur d'eau à condenser et l'eau de mer qui la refroidit en sens inverse l'une de l'autre dans des tubes concentriques, et diriger dans l'alambic l'eau de mer ainsi échauffée par la vapeur.

Il ajoute qu'un fourneau est l'*inverse d'un réfrigérant*, définition expressive, qui résume les principes de construction qu'il convient d'appliquer aux fourneaux. On ne peut méconnaître : 1° que le principe de la distillation continue se trouve ainsi posé ; 2° que Lavoisier, qui a doté l'industrie, de la méthode du lavage systématique, usuelle aujourd'hui dans toutes les usines chimiques, formulait dès 1775 les véritables règles de la distillation économique et celles de la construction des fourneaux destinés à chauffer l'eau et à produire la vapeur.

— FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.— Par décret en date du 6 juillet 1868, rendu sur la proposition du ministre de l'instruction publique, M. Denonvilliers, qui avait été nommé, par permutation, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris (décret du 6 juin dernier), est maintenu, sur sa demande, dans la chaire d'opérations et appareils à la même Faculté.

— SOCIÉTÉ ANATOMIQUE DE PARIS. — Le quatrième concours pour le prix *Ernest Godard*, fondé par ce distingué et regretté médecin, dans son testament daté de Jérusalem, 4 septembre 1862, doit être clos le 1er août 1868.

Nous extrayons du règlement les passages suivants :

La *Société anatomique* décernera le prix de la valeur de quatre cent vingt francs (420 fr), au mois de janvier 1869, à l'auteur du meilleur mémoire concernant, soit l'*anatomie* normale, soit l'*anatomie* pathologique, soit la *tératologie*. Seront admises à concourir toutes les personnes, françaises ou étrangères, qui adresseront à la Société : 1° un mémoire, manuscrit ou imprimé, sur les sciences ci-dessus désignées, 2° une lettre d'envoi portant la mention spéciale qu'il est destiné à concourir pour le prix Ernest Godard.

Les ouvrages imprimés devront être envoyés en double exemplaire. Toutefois, on n'admettra pas les mémoires imprimés avant le 1er janvier 1866, ni les travaux qui auraient été, antérieurement à la clôture du registre d'inscription, l'objet d'une récompense scientifique.

Les candidats devront donc, dans leur lettre, déclarer expressément que leur travail n'a pas été récompensé jusqu'à ce jour. Les personnes qui désireront concourir pour le prix devront envoyer *franco* leur travail, avec la lettre d'avis ci-dessus mentionnée, à l'archiviste de la Société, M. Henry Liouville, 9, rue Mazarine, à Paris, avant le 1er août 1868, exclusivement (terme de rigueur).

— PRINCIPES SCIENTIFIQUES DE LA MUSIQUE. — Au moment où vient de paraître en France la *Théorie physiologique de la musique* de M. Helmholtz, il est intéressant de signaler l'ouvrage de M. Georges Biddel Airy sur le son et les vibrations atmosphériques avec les éléments mathématiques de la musique, publié récemment en Angleterre.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 35 — 1[er] AOUT 1868

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS.

SESSION DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN.

M. VON MÄDLER.

Les nouveaux travaux en astronomie.

A la réunion qui a eu lieu à Hanovre en 1865, on a émis le vœu que l'on pût chaque année faire un rapport annuel sur l'état de chaque science, et suivre ses développements progressifs (1); c'est un avis que j'ai complétement partagé. Mais quand je me préparai à m'acquitter de cette tache pour la science qui m'a occupé pendant tant d'années, je vis surgir des difficultés et des doutes que je ne veux pas cacher, car ils intéressent jusqu'à un certain point les autres sciences. Même quand on est assez heureux pour trouver un événement scientifique dont il est possible de déterminer le mois et le jour, comme la découverte de Cérès pendant la première nuit du siècle, une assemblée comme la nôtre a le droit de demander autre chose qu'une simple chronique; elle a le droit d'exiger qu'on lui soumette les modifications lentes et le développement progressif de la découverte. Mais combien il est rare qu'une année voie accomplir un événement de cette nature. Les vraies conquêtes de la science demandent en notre siècle de longs travaux, et il n'est pas rare que le savant qui les a accomplis soit enlevé à ses études et à ses contemporains avant qu'il ait pu achever l'œuvre qu'il a commencée.

Comme deux années se sont écoulées depuis la dernière réunion de cette assemblée, je me félicitais d'avoir au moins devant moi une période deux fois plus longue que d'ordinaire à examiner, quoique j'eusse un double devoir à remplir. Mais lorsque j'examinai de plus près la question, je m'aperçus que j'avais gagné peu de chose encore. En effet, les revues comme celle que j'entreprends sont très-rares, et jusqu'à présent elles n'ont lieu dans nos assemblées que d'une façon tout à fait exceptionnelle. Du reste, le temps manquerait si l'on voulait exécuter un travail de même nature pour toutes les sciences que l'on cultive aujourd'hui.

Ces considérations me déterminèrent à augmenter encore le temps dont je disposais, et, au lieu de donner un rapport annuel, de rédiger un résumé des progrès accomplis pendant le dernier lustre. Quoiqu'un intervalle de cinq ans lui-même ne soit pas non plus bien long, cependant on gagnera beaucoup en adoptant une période de cette durée, et j'espère que nous parviendrons cette fois à faire un bon usage du temps que l'on nous mesure trop parcimonieusement.

Je commencerai par parler de la fondation de la Société d'astronomie allemande, qui eut lieu le 25 août 1863, à Heidelberg, et qui avait été préparée à l'assemblée de Dresde. La première question fut d'organiser la recherche des petites planètes dont le nombre augmentait d'une façon si imprévue, et de prendre des mesures telles qu'on pût les surveiller même dans le cas où leur multitude éprouverait un accroissement encore bien plus notable. Gauss s'était considéré comme obligé, par suite du nombre toujours croissant des petites planètes, à donner le conseil de se borner à examiner les plus intéressantes, et à laisser les autres marcher comme elles le pourraient, sans s'inquiéter de ce qu'elles deviendraient. On peut dire à l'honneur de nos jeunes astronomes qu'ils n'ont pas suivi le conseil de ce grand homme. Ils n'ont voulu abandonner l'étude d'aucun des corps célestes qui avaient été découverts. Mais comment est-il possible de porter à cent le nombre des corps célestes à observer, qui n'était que de sept à la fin du siècle dernier?

Les travaux qui ont pour but de déterminer les éléments des orbites, aussi bien que l'établissement des éphémérides, se divisent en deux parties. D'un côté il faut déterminer à chaque instant les positions des planètes perturbatrices, et en premier lieu celles des grosses planètes anciennement connues. En second lieu, il faut déterminer, par la considération de ces situations du corps troublant, les modifications que les éléments des petites planètes éprouvent, et en conclure ses éphémérides. Jusqu'à présent chaque observateur avait fait ces déterminations pour lui seul. Cependant il n'est pas besoin d'insister sur ce point que les lieux des planètes perturbatrices, ou l'expression astronomique de leurs coordonnées, sont les mêmes pour tous les corps célestes dont on a à s'occuper, et qu'ils ne font que varier avec le temps. Un seul astronome peut donc faire cette première recherche pour tous les autres, de sorte que chacun n'ait plus à faire que la seconde. Nous ne pouvons entrer ici dans les détails du calcul, et je me contente de dire que cette organisation, dont les bases ont été établies à Heidelberg, est restée telle qu'elle était, et nous voyons avec une grande satisfaction qu'en dehors de notre cercle on a travaillé aussi dans ce sens. Le principal agent de perturbation dans toutes ces recherches est Jupiter, et nous apprenons que Le Verrier travaille à de nouvelles tables de cet astre, tables qui ne seront pas seulement accueillies avec une vive satisfaction pour les petites planètes, mais encore pour toutes les recherches analogues. Car après les lieux du soleil, pour lesquels nous avons des tables excellentes,

(1) Voyez le discours de M. R. Virchow, à la session de Hanovre, dans notre tome III, page 156, 27 janvier 1866.

les lieux de Jupiter sont les plus importants pour tous les calculs à faire sur le système solaire.

Nous avons vu que les corps savants sont pour plupart sortis d'assemblées qui avaient un caractère privé. L'Académie des sciences de Paris vient des réunions qui avaient lieu le soir chez Mersenne; l'Académie allemande Léopoldino-Caroline, des conversations de quatre médecins de Schweinfurt, réunis pour étudier les propriétés de l'arsenic dont on venait de faire la découverte; la Société royale de Londres, d'un cercle également restreint de savants qui s'étaient réunis à Londres en secret à cause de la domination d'un puritanisme hostile. L'astronomie allemande ne paraît point destinée à avoir une initiative aussi féconde. Les réunions de Gotha en 1796 restèrent isolées; l'assemblée de Lelienthal fut dissoute sans résultat, on resta dans l'ancien isolement. Cependant, sans compter le colloque préparatoire de Dresde, l'Union astronomique, qui existe encore, a déjà organisé trois congrès: celui de Heidelberg, en 1863; de Leipsick, en 1865; de Bonn, en 1867, suivis par un nombre considérable de membres. Elle a résolu de se réunir à Vienne en 1869. Elle compte cent quatre-vingt-dix membres, parmi lesquels plusieurs sont étrangers à l'Allemagne, et quelques-uns habitent sur les côtes de l'océan Pacifique (1); elle possède une belle bibliothèque à Leipsick; elle a déjà réuni un petit capital, et tout semble indiquer qu'elle est destinée à devenir pour l'Allemagne ce que la Société royale d'astronomie est devenue pour l'Angleterre, le centre de toutes les recherches de nos astronomes.

Cependant nous avons d'autant moins besoin de parler aujourd'hui de l'avenir, que nous aurons déjà beaucoup de peine à parler du présent, et je vais m'occuper d'un autre ordre de recherches, de la mesure d'un arc de longitude européen, travail qui approche de son terme.

L'arc s'étend depuis les côtes de l'Atlantique jusqu'à l'Oural, c'est-à-dire jusqu'à la frontière orientale de l'Europe; aucun obstacle ne s'oppose à ce qu'on le continue jusqu'à ce qu'il arrive aux bords de la mer Atlantique. Les premiers efforts furent faits par W. de Struve, qui est mort en 1864, directeur de l'observatoire de Nicolaï, et cette entreprise est continuée, dans la partie où notre patrie y est intéressée, par le général de Bayer, qui a rendu à la géologie tant de services différents. Les calculs et les publications auront lieu de la manière usitée jusqu'à ce jour pour cet ordre de travaux.

Depuis 1735, on a formé à différentes reprises le projet d'exécuter des mesures de degrés de longitude, et cependant on n'était point encore parvenu à mesurer exactement un arc d'une certaine longueur. Toutefois toutes les mesures faites si soigneusement d'arc de latitude ne pouvaient que soulever la question de la similitude des méridiens, elles ne pouvaient pas la résoudre. Ce n'était point ainsi qu'il était possible de voir si la terre est un ellipsoïde à deux ou à trois axes. A vrai dire, nous n'espérons même point encore pouvoir tirer la solution de cette question de la mesure d'arc dont nous venons de parler. On ne peut la résoudre que lorsque l'arc aura été prolongé à travers la Sibérie, et que d'autre part l'Union américaine aura pris la résolution d'entreprendre un travail analogue.

Nous ne pouvons donc nous empêcher de faire remarquer que, dans la mesure des degrés de latitude, il faut faire attention à une circonstance que l'on a négligée jusqu'à ce jour, parce qu'on n'avait pas le moyen d'en tenir compte d'une manière suffisante : je veux parler des attractions locales. Dans la nouvelle mesure anglaise faite par Roy, on en a tenu compte d'une façon très-sévère d'après des formules que l'astronome royal de Greenwich, J. B. Airy, a développées. Ne faut-il pas plutôt dire, comme cela doit se comprendre dans tous travaux de cette nature, que l'on a tenu compte de cet élément autant que les circonstances l'ont permis. Car les différences du niveau des masses extérieures ne sont pas les seules qu'il faille introduire dans les calculs; on doit encore s'occuper, autant qu'il est possible, de l'intérieur de la terre, aussi bien dans des recherches sur sa figure que si l'on cherchait à déterminer sa densité.

On a proposé également de mesurer un arc de méridien dans un point élevé du Nord, au Spitzberg, sous le 79e degré parallèle, et l'on s'est préoccupé de la possibilité de cette entreprise. Quoique cet arc doive être d'une courte longueur, il est cependant d'une haute importance, car jusqu'à ce jour nous ne pouvons conclure la forme des régions polaires que des mesures générales supposant la sphéricité de la terre, puisqu'elle n'a point été déterminée par une mesure directe. C'est seulement lorsque nous aurons devant nous les résultats de cette mesure difficile que nous pourrons arriver à une conclusion définitive.

Je ne crains point que l'on me fasse le reproche de m'être éloigné de mon sujet. Car personne ne doute aujourd'hui que que la terre ne soit une « étoile au milieu des étoiles », un véritable corps céleste, et qu'une connaissance exacte de sa figure ne soit indispensable pour la solution des problèmes astronomiques les plus importants, les plus intéressants. Pour ne citer qu'une seule circonstance, les passages de Vénus de 1874 et de 1882 ne nous donneront avec une grande exactitude la parallaxe du soleil que lorsque toutes les questions relatives aux coordonnées géographiques des divers lieux de la terre seront résolues.

Quittons enfin notre patrie céleste pour nous rendre à la lune. Les tables de Hansen sont antérieures à l'époque dont nous nous occupons, mais il n'en est pas de même des questions que ces tables ont soulevées. Les travaux de Delaunay conduisent, pour l'équation séculaire, à un résultat un peu différent de celui de Hansen, et l'on ne peut encore dire si une discussion amènera un résultat favorable au premier ou au second de ces calculs. Quand Hansen fait appel à l'harmonie qui existe entre les anciennes éclipses de soleil et la nouvelle course de la lune, Delaunay proteste que cette circonstance ne peut être considérée comme une preuve d'un défaut de ses calculs. Car cet accord a été mis en défaut dans beaucoup de cas différents, et finalement il a été obtenu en négligeant des circonstances dont on ne connaissait pas l'existence. On a dit, à l'appui de cette manière de voir, que le mouvement des marées est toujours opposé à la rotation de la terre, et qu'il doit augmenter la durée du jour sidéral; mais d'une quantité si faible, qu'il faut un grand nombre de milliers d'années pour que l'allongement puisse atteindre une petite fraction de seconde. Et par cet allongement du jour extrêmement petit, que l'on ne peut observer que sur cette *équation lunaire*, on arrive à trouver l'exactitude dont les résultats de Delaunay manquaient encore. Cependant le tout est encore incertain et beaucoup de temps s'écoulera, sans

(1) Le directeur Charles Maesta, à Santiago de Chili, et le directeur Fritzsche, de Péking.

toute avant que l'on arrive à une solution satisfaisante (1)!

Dans un ordre de recherches bien différent, la lune nous a offert une énigme nouvelle. On sait combien, jusqu'à présent, ont été inutiles toutes les recherches tentées pour constater un changement réel à la surface de notre satellite, et l'on était sur le point de renoncer à ce genre de recherches. Mais dans le courant de cette année, il vint la nouvelle inattendue de deux lieux différents, de Grèce et d'Angleterre, que le cratère désigné par moi sous le nom de Linné avait éprouvé un changement notable. Il n'avait pas disparu, mais il était devenu méconnaissable à la suite d'une sorte de couverture nuageuse qui était venue s'y placer. J'avais souvent mesuré et examiné ce cratère comme un des sommets d'un triangle principal, en faisant la carte de la lune en 1831; mais il me fut impossible de prendre part à ces recherches, parce qu'un de mes yeux qui venait d'être opéré n'était point encore complétement guéri. Cependant, en mai 1867, je parvins à examiner ce paysage lunaire, à l'observatoire de Bonn, avec l'héliomètre de cet établissement. Je trouvai que le cratère était le même que quand je l'ai vu et mesuré il y a trente-six ans. Le trouble était, d'après toutes les apparences, une circonstance passagère qui n'avait point été à même de produire un changement permanent, autant que j'en peux juger. Mais ces circonstances obligent les observateurs à examiner ce point d'une manière constante. Ils doivent aussi déterminer de nouveau ses coordonnées sélénocentriques, pour arriver à la certitude que sa situation n'a pas changé, ou, dans le cas contraire, déterminer ce changement. Les mesures que j'ai prises autrefois, ainsi que les résultats que j'en ai conclus, se trouvent dans la *Sélénographie* qui a paru en 1837.

Nous devons maintenant nous occuper des planètes; mais nous avons déjà indiqué en commençant les points essentiels de cette branche de l'astronomie. L'attention qu'excita la découverte de Cérès en 1800 et celle d'Astrée en 1845 ne peut plus être provoquée par ces découvertes de petites planètes, qui sont devenues quelque chose de si commun, de si ordinaire, qu'il n'y a plus que les savants de profession qui s'en occupent. C'est un moine théatin d'Italie qui commença la première série de ces découvertes. La seconde fut commencée d'une façon encore bien plus inattendue par un maître de poste prussien, et rien ne prouve qu'elle soit déjà terminée.

Le grand nombre de ces nains du système planétaire a donné lieu à une remarque qui s'applique aux anciennes planètes, mais qui n'avait frappé aucun astronome, à cause de leur moindre nombre. En effet, les périhélies des cent planètes ne sont pas distribués d'une manière quelconque autour du soleil; ils sont exclusivement groupés dans la région du ciel au milieu de laquelle se trouvent les Pléiades. Il y a déjà longtemps, à une époque où le nombre des planètes était le quart de celui que les dernières découvertes lui ont fait atteindre, Cooper et Brossen ont signalé le fait, mais sans le trouver digne d'une attention particulière. Plus tard, ce nombre s'étant accru, j'examinai de plus près cette circonstance, et je confirmai ce qui avait été dit. Maintenant que le nombre considérable des cas ne permet pas de considérer cette coïncidence comme fortuite, Angström et Le Verrier ont cherché à indiquer une cause qui l'expliquât. Tous deux ont dit qu'ils la considéraient comme une conséquence de l'origine commune de tous les planétoïdes, et nous ajouterons surtout de toutes les planètes. Dans cette circonstance comme dans beaucoup d'autres, il faut attendre le jugement de l'avenir, car il paraît très-difficile d'admettre que la *cumulation* actuelle se conserve avec la variation dont tous les points périhélies sont affectés.

Toutes les découvertes des derniers temps sont restées concentrées dans l'espace qui sépare Mars et Jupiter. Quel que soit le zèle avec lequel on ait examiné, depuis la découverte de Lescarbault, l'espace situé entre le soleil et Mercure, et quoique Le Verrier ait obtenu des résultats théoriques sur les étoiles filantes, ou plutôt sur le groupe d'étoiles filantes qui s'y rencontrent, rien encore de ce que l'on pouvait en tirer avec sûreté n'a voulu s'y trouver jusqu'ici. Quoique la surface du soleil ait été examinée d'une façon continue et systématique par Schwabbe, par Carl, par Wolff, par Carrington, par Spörer, par Chacornac, il est surprenant qu'aucun de ces observateurs n'ait aperçu la moindre apparence de planète passant devant le soleil. Cependant des corps de cette nature ont été annoncés comme entrevus, tantôt à Augsbourg, tantôt à Nulsdorf, tantôt à Orgères, par des personnes qui avaient fait des observations bien moins fréquentes.

Tout cela nous montre que ce qui se trouve dans cet espace intérieur du système solaire aura toujours beaucoup de mal à se faire voir de nous. Cependant, s'il arrivait que les régions tropicales pussent jamais se féliciter de posséder autant d'observateurs zélés que l'Europe moyenne, on pourrait espérer d'arriver là aussi à la certitude. Le peu de durée des périodes d'obscurité, les nuits plus noires, la limpidité constante du ciel pendant toutes les nuits, la transparence de l'air plus parfaite, sont autant de circonstances qui faciliteraient certainement beaucoup de pareilles entreprises. Mais quand cet heureux temps arrivera-t-il?

Quant aux comètes, nous ne ferons pas l'inventaire des nouvelles découvertes, car il y a longtemps que l'on n'a eu d'année sans comète. Mais nous nous bornerons à parler de ce qu'on a trouvé de plus particulier dans les derniers temps sous ce rapport.

Il faut parler d'abord de la comète de Biela, qui, après s'être partagée en deux parties en 1845, n'a plus reparu dans l'année 1866, où l'on avait calculé qu'elle aurait une situation qui rendrait son observation très-facile. Si l'on n'avait pas eu autant de chercheurs intrépides, si l'on n'avait pas trouvé d'éphémérides basées sur des calculs aussi exacts que ceux de Clausen, la disparition de cet astre n'aurait eu que peu d'importance. Mais dans ce cas on avait compté si bien sur les calculs, et l'on attendait tant de résultats de l'apparition d'une comète qui s'était montrée une fois depuis 1772! Que devons-nous en penser? Il n'est pas possible d'imaginer qu'on ait commis une faute de calcul telle que l'astre se soit promené dans une autre région du ciel; il ne reste plus qu'à penser, soit qu'il n'existe plus, soit qu'il est brisé en si petits fragments, qu'il n'y en a plus un seul d'assez gros pour qu'une lunette astronomique éloignée le mette en évidence.

Puisque en 1845 la cohésion n'a point été assez grande pour maintenir unie la masse qui n'avait point encore été entamée, les fragments devaient certainement posséder u cohésion encore moindre, et une nouvelle division

(1) Voyez les conférences de M. Delaunay sur le ralentissement du mouvement de rotation de la terre, dans notre tome III, page 321, 14 avril 1866.

pas ce qui doit nous surprendre dans ces circonstances. C'est une question que l'avenir doit résoudre. Peut-être appartiendra-t-il à 1872 ou à 1885 de nous montrer de nouveau la comète de Biela ou l'un de ses fragments. Dans le cas contraire, il ne reste plus rien à faire qu'à écrire sa nécrologie.

Il y a encore une autre comète qui nous a fait connaître un fait inattendu. La troisième comète de l'année 1862 a été assez bien observée pour que l'on puisse déterminer sa route d'une façon fort précise. Les météores d'août de cette année furent assez fréquents, et les observations permirent de soumettre au calcul la détermination de la route qu'ils avaient dû suivre. Schiaparelli put donc découvrir que le chemin des météores d'août offrait les rapports les plus intimes avec la route de la comète. Comme beaucoup de gens auraient pu attribuer cette circonstance au hasard, les recherches de Le Verrier, de Bruhns, de Weiss et d'autres, ont montré que, dans d'autres cas aussi, on arrive à une identification presque complète entre la route des étoiles filantes et celle des orbites cométaires. La comète découverte par Tempel à Marseille, en 1866, répond à l'examen des météores de novembre de la même manière que la comète de 1862 répond aux météores d'août.

Ces circonstances ont conduit à examiner de plus près les cas où une comète coupe l'orbite d'une planète, et l'on a reconnu que la plupart des comètes intérieures sont dans ce cas. La comète de Biela coupe ou, pour parler plus exactement, coupait l'orbite de la terre. D'autres comètes coupent les orbites de Mars ou de Jupiter, et, si les planètes se trouvent dans ces points de leur orbe pendant que la comète s'y rencontre, il y aura un abordage entre deux corps célestes. Dans une pareille circonstance, quelques particules de la queue des comètes pénètrent jusqu'à la surface de la terre ou d'une autre planète. Il peut même arriver quelquefois qu'elles pénètrent jusque dans nos cabinets, pendant que la comète, fuyant loin de la terre, entraîne le long de son orbe ce qui n'a pas cessé de lui appartenir. Mais de même que des comètes peuvent de cette manière diminuer et finalement disparaître, il y a des circonstances où de nouvelles comètes se forment, c'est-à-dire peuvent être produites par des essaims de météores. Probablement la comète de Biela a été rencontrée en 1845 par un pareil essaim de météores, et c'est peut-être pour cela qu'elle s'est partagée en deux. En même temps nous devons nous garder d'aller trop vite dans nos conclusions. Il est certain, pour beaucoup de comètes, que leur orbite coupe l'orbite de la terre ou d'une autre grosse planète, au moins s'en approchent-elles beaucoup. Mais la rencontre de l'orbite est loin d'être une rencontre avec la planète elle-même. La comète de Halley peut, comme Hind et Laugier l'ont fait, être suivie en arrière pendant une période de près de deux mille ans. Elle peut, dans les vingt-six révolutions qu'elle a accomplies depuis l'époque de Jules César jusqu'à la nôtre, avoir perdu un peu de la matière de sa queue; mais rien ne prouve qu'elle ait été voisine de nous. En somme, sa route aussi bien que son aspect ont éprouvé de grands changements, mais aucune modification complète. La plus grande partie des comètes courent depuis des centaines et des milliers d'années dans des orbes où elles n'ont jamais rencontré de grosses planètes, bien plus, où elles ne se sont jamais approchées des orbes que les planètes parcourent. Ce sont seulement les planètes inférieures dont nous avons à nous occuper et que nous devons étudier, et dont nous avons à déterminer la correspondance avec un essaim de météorites (1).

Non-seulement les nouvelles idées ne donnent aucun fondement à l'ancienne peur des comètes, mais on peut dire plutôt qu'elles réduisent cette idée à néant; car ce choc si redoutable, où quelques personnes avaient indiqué sans aucun motif la cause d'une conflagration universelle, se réduit à la proportion d'une nuit d'étoiles filantes qui enrichirait nos galeries de minéralogie. Au pis aller, il n'y aurait pas à craindre un incendie plus dangereux que celui qu'une pierre météorique alluma dans l'auberge de Bury-Saint-Edmond, au milieu de l'Angleterre. Il suffit de se rappeler le 26 juin 1819, où la terre traversa la queue d'une comète sans que les habitants de la terre s'en aperçussent. Ils n'apprirent cette circonstance que par les calculs des astronomes.

La comète de Encke a aussi changé d'aspect depuis sa découverte par Caroline Herschel; elle paraît devenir constamment de plus en plus faible. Jusqu'en 1838, des personnes douées d'une bonne vue pouvaient l'apercevoir sans le secours d'un télescope; mais il n'en est plus de même maintenant: il paraît qu'elle perd constamment de la matière; on verra donc si elle persiste. A cause de la brièveté de sa révolution, la solution de cette question ne peut pas être difficile, car le même astronome peut assister à plusieurs de ses apparitions successives. La surface des corps célestes qui permettent des recherches de cette nature n'a pas été souvent examinée dans ces derniers temps. Il n'y a que la lune et le soleil, surtout le soleil qui fasse exception à cet égard, car nous avons déjà eu occasion de nommer les observateurs qui se sont occupés avec persévérance de l'observation des taches. Mais ce travail est de l'ordre de ceux où l'on ne peut obtenir des résultats que par une étude prolongée. Wolff s'occupe de la détermination de plus en plus exacte de la période de onze ans et quart qui se manifeste dans la fréquence des taches du soleil, quoique l'on suppose qu'elle produit son effet dans d'autres phénomènes.

Une observation importante est celle que Riha a faite en Dalmatie, dans l'éclipse annulaire du mois de mars de cette année. Il vit sur le bord du soleil des protubérances rouges semblables à celles que l'on aperçoit lors des éclipses totales. Quoique jusqu'à ce jour presque tous les observateurs soient unanimes à déclarer que ces protubérances appartiennent au soleil lui-même et n'ont rien à faire directement avec la lune, il serait très-désirable que l'on pût faire une expérience qui mettrait ce fait hors de doute; car, dans ce cas, où le bord de la lune n'arrivait point jusqu'au bord du soleil, on ne peut plus soutenir l'explication que l'on a si souvent présentée, et qui consiste à prétendre que ces protubérances sont produites par une simple illusion d'optique.

La plupart des personnes qui m'écoutent peuvent encore se rappeler qu'aussitôt après la découverte de la photographie, on entendit exprimer des espérances qui n'ont d'analogue que celles de Descartes et de ses contemporains à la suite de la découverte des lunettes astronomiques. On plaignait les malheureux savants qui avaient passé toute leur vie sans interruption à observer, à mesurer et à dessiner. Non-seulement on devait faire la même chose sans peine et dans un temps bien moindre, mais on devait obtenir des résultats bien meilleurs, beaucoup plus exacts, beaucoup plus détaillés

(1) Voyez dans notre tome IV, page 733, numéro du 12 octobre 1867.

qu'anciennement. Ce qui m'a coûté sept années, la détermination de la surface de la lune, devait être bien mieux fait en sept secondes.

Aujourd'hui, trois périodes décennales se sont écoulées depuis la découverte de Daguerre; comment ces espérances ambitieuses ont-elles été exaucées!

Warren de la Rue en Angleterre, William Cranch Bond en Amérique, et d'autres, ont mis courageusement la main à l'œuvre. Ils ont adapté de puissantes lunettes astronomiques à des appareils photographiques, et ils sont également arrivés à donner à leurs appareils, pendant le court intervalle de temps nécessaire à la production des épreuves, le même mouvement que les corps célestes dont ils se proposaient d'obtenir l'image. Ainsi la lune a été photographiée dans ses différentes phases; mais les détails sont restés bien au-dessous de ceux qu'un habile observateur peut déterminer. Bond s'est occupé des étoiles fixes, et il disposait d'une lunette astronomique permettant d'apercevoir les étoiles de quatorzième grandeur; mais il n'a pu obtenir que des images faibles, à peine visibles, des étoiles de cinquième grandeur.

Nous pourrions citer, il est vrai, des dessins très-précieux que nous devons à la photographie astronomique; mais ce ne sont point les détails du ciel étoilé qu'on peut atteindre de cette manière et que l'on peut conserver ainsi, ce sont des phénomènes relatifs aux objets connus depuis longtemps et réfléchissant une forte lumière.

Je citerai en premier lieu les taches du soleil, dont le dessin demande une faible fraction de seconde, et qui sont reproduites avec une grande netteté. Cependant, même dans cette circonstance, on n'arrive point à fixer les détails que de bons observateurs habitués à ces phénomènes peuvent reproduire, mais on obtient, ce qui est très-important dans l'espèce, une image du soleil pour un moment déterminé, et, si l'on nous permet de nous servir d'une expression de sir John Herschel, on oblige le soleil à nous écrire sa propre histoire.

Ces expériences seront ou, pour parler plus exactement, ont déjà été très-utiles particulièrement dans les éclipses totales de soleil. Il n'y a pas de dessinateur, quelque expéditif qu'on le suppose, qui puisse faire en deux ou trois minutes, durée ordinaire du phénomène, ce que Warren de la Rue a fait en Espagne lors de la dernière éclipse de soleil. Car, si l'on suppose que tout ait été préparé, on peut obtenir non pas seulement trois, mais douze ou quinze images d'un phénomène qui disparaît si rapidement.

Pour les planètes, même pour les grosses, la photographie sera de peu d'usage et nous apprendra peu de choses nouvelles. L'expérience sera encore moins utile quand elle s'appliquera aux étoiles. On a photographié le groupe des Pléiades et celui d'Orion, et l'on pouvait bien reconnaître les constellations dans les images ainsi obtenues; mais un œil sain, sans lunettes, voyait plus de choses dans le ciel que la photographie ne lui en montrait.

Nous nous félicitons du nouveau moyen d'étude que plusieurs observatoires, parmi lesquels nous citerons l'observatoire russe de Wilna, possèdent d'une façon complète, ou peu s'en faut; mais nous n'attendrons pas que la sphère d'action de l'astronome pratique puisse être agrandie par son intervention, et l'art des observations ne sera pas bouleversé par la découverte de la photographie, comme il l'a été lors de l'invention de la lunette astronomique.

On a beaucoup parlé aussi, dans ces dernières années, de la photométrie. Jusqu'à ce que le siècle présent ait commencé à être sérieusement entamé, on mesurait la grandeur des étoiles à l'aide des ombres, et la comparaison de ces ombres déterminées par divers astronomes montrait combien ce procédé était imparfait. On cherchait par divers moyens à trouver un instrument qui permît d'établir une mesure sans avoir à se servir d'un procédé si incommode. Steinheil et Seidel, à Munich, étaient surtout les savants qui s'occupaient de ces travaux; cependant on n'a publié que peu de résultats, et ces résultats n'avaient trait qu'aux étoiles et aux planètes les plus brillantes. De meilleurs résultats semblent devoir sortir de l'usage du nouveau photomètre de Zölner (de Leipsick), qui a cherché à guider l'œil avec une flamme artificielle qu'il entretient, pendant toute la durée de la mesure, au même degré d'éclat. Les expériences faites jusqu'ici permettent d'espérer que la solution d'un des problèmes les plus importants de l'étude du ciel étoilé fera de grands progrès, grâce à l'usage des nouveaux moyens de mesure.

Nous devons surtout nous attendre à voir se développer, par la mesure de la lumière avec le photomètre de Zölner, l'étude des étoiles variables, dont on ne comptait que deux ou trois jusqu'au temps d'Herschel, et qui sont maintenant au nombre de plus d'une centaine, surtout si l'on parvient à appliquer ce moyen de mesure aux étoiles télescopiques, ce qui a été impossible jusqu'à ce jour.

Je me tais complétement sur la recherche de la cause de ces variations d'éclat; étude que je considère comme prématurée, tant que l'on n'aura pas observé des faits plus nombreux et plus certains. En effet, quels que soient les éloges que nous devions aux nouvelles observations, surtout à celles qui ont été exécutées d'une façon régulière et persévérante à l'observatoire de Bonn, elles sont loin de posséder encore cette précision et cette perfection sans laquelle il est complétement impossible de se faire une idée des causes qui les produisent. Il faut rattacher à ce que nous disons ici ce que nous savons de la couleur des étoiles, point sur lequel le dernier lustre nous a donné peu de chose, tant il nous reste de travaux à exécuter dans ce champ. C'est dans l'espoir de résoudre ces questions que Zölner a réuni à son photomètre un colorimètre.

Les étoiles *nouvelles*, épithète à laquelle nous n'attribuerons qu'une signification relative, dépendent d'un phénomène si rare, que nous devons considérer comme l'effet d'un pur hasard qu'un astre pareil ait paru dans la Couronne en 1865 (1). Cette observation ne nous a pas donné de nouvelles conceptions sur la nature de ces corps célestes. Mais nous espérons mieux du retour de l'époque où la variable de Tycho doit reparaître, s'il est vrai qu'elle ait une période de trois cent douze ans. A cette époque, on ne pouvait observer ce phénomène qu'avec les yeux, et en outre les personnes qui pouvaient en profiter parce qu'elles étaient habituées à observer, n'étaient que de *raræ aves*. On a déjà commencé à explorer avec de puissants télescopes la partie du ciel où doit paraître cette étoile, et que nous connaissons suffisamment par ce que nous a dit Tycho ; il est probable que le monde actuel ne sera pas surpris si subitement que Tycho et ses contemporains l'ont été le 11 novembre 1572 (2).

(1) Sur cette étoile variable, voyez notre tome III, page 746.

(2) Sur les étoiles nouvelles et les étoiles variables, voyez une lecture de M. Faye dans notre tome III, page 617, 18 août 1866.

On a suivi avec soin le compagnon de Sirius qu'Adam Clark a été assez heureux pour découvrir vingt ans après que Bessel eut annoncé son existence, comme il est arrivé à Le Verrier pour Neptune. D'après les nouvelles recherches d'Auwers, qui confirment celles exécutées par Peters à Altona, nous savons que ce compagnon si difficile à voir possède une masse à peu près égale à celle de cette étoile si brillante, et une observation attentive de cette intéressante étoile double nous promet encore d'autres découvertes pour l'avenir.

Ce système binaire particulier nous conduit aux étoiles doubles, qui ne sont observées que depuis cent ans à peine, dont si peu d'astronomes s'occupaient anciennement, et qui par conséquent offrent une si riche moisson de découvertes. Il est à peu près certain que beaucoup de ces groupes nous sont inconnus, car les observateurs les plus récents ont préféré étudier de plus près les groupes antérieurement découverts, au lieu d'en ajouter de nouveaux à ceux que nous connaissions déjà. En effet, c'est seulement en continuant avec persévérance les observations des distances et des angles de position, que la postérité sera en mesure de calculer les orbites de ces astres jumeaux, dont nous ne connaissons encore que dix ou douze, et seulement avec une approximation assez grossière. Les nouveaux observateurs qui se sont fait connaître en Angleterre, en France, en Italie, en Allemagne, en Russie, et aussi en Amérique, vont cultiver avec d'autant plus de soin ce champ si riche, inconnu de nos prédécesseurs, qu'ils trouveront plus de preuves pour démontrer que la loi établie par Newton sur notre système solaire s'applique également à tout système d'étoiles fixes. Klinkerfüss et d'autres ont fait beaucoup gagner en sûreté et en commodité à cette théorie, dans laquelle tout ce que l'on doit appeler perturbation a été naturellement laissé de côté, comme il était nécessaire. C'est seulement lorsque les mouvements dans les systèmes triples et multiples nous seront mieux connus par une suite d'observations attentives, que nous pourrons faire encore un pas de plus, et que l'on pourra appliquer la théorie des perturbations aux systèmes polynômes ! Il est certainement trop tôt de chercher à deviner ce que l'avenir nous réserve de ce côté, car il y a de l'ouvrage pour plusieurs milliers d'années. Un livre immense, celui du monde au milieu duquel nous avons été jetés, est là fermé devant nous. Nous ne connaissons encore que quelques lettres et que quelques-uns des signes dont on y a fait usage ; mais on finira par le lire un jour (1) !

Deux physiciens, Kirchhoff et Bunsen (de Heidelberg), ont surpris le monde savant par l'annonce d'une nouvelle science connue sous le nom de *chimie des étoiles*, si l'on se préoccupe du but qu'elle veut atteindre, mais qu'on peut appeler *analyse spectrale*, si l'on parle des moyens dont elle se sert. A l'aide de l'observation des lignes sombres découvertes par Fraunhofer dans le spectre solaire, elle détermine quelles sont les substances qui se trouvent dans l'atmosphère du soleil et des autres étoiles. On analyse avec soin le spectre des étoiles fixes, et l'on est arrivé à obtenir de la même manière le spectre des nébuleuses, et à démontrer de cette manière que tous ces objets célestes ne sont point en réalité des étoiles, mais que la plupart se composent d'une matière gazeuse, ou, pour nous exprimer d'une façon plus exacte et plus précise, d'une matière non condensée, au moment où le rayon de lumière qui forme notre spectre en est sorti, moment qui peut être éloigné de plusieurs millions d'années de celui où nous vivons. Car l'œil suffisamment armé ne nous montre pas seulement dans le firmament le présent, mais encore l'histoire d'un passé éloigné, d'un temps qui nous recule à une époque dont aucune histoire, aucune tradition, aucun fossile ne peut nous donner une idée. Cependant retournons dans un champ plus voisin où nos moyens de mesure peuvent encore quelque chose, et où les distances à mesurer se comptent non point par trillions de milles géographiques, mais seulement par billions (1).

On pouvait prévoir que nous arriverions très-lentement à la connaissance de la parallaxe d'un plus grand nombre d'étoiles, et en effet nous n'en avons, dans ces derniers temps, ajouté qu'une à celle que nous connaissions. Krüger (d'Helsingfors) nous a donné la parallaxe de l'étoile 70 d'Ophiuchus. Puisque l'étoile dont il s'agit est une étoile double, on peut, d'après la connaissance de sa parallaxe ou de sa distance angulaire, réduire en longueur linéaire toutes les grandeurs angulaires auxquelles a donné lieu la détermination de *son orbite*, et mesurer ainsi sa masse. Depuis 1836, où l'on a connu la première parallaxe, on n'a trouvé que des étoiles dont la masse était moindre que celle de notre soleil. On voit maintenant que non-seulement Sirius, mais encore 70 d'Ophiuchus possède une masse plus grande. Nous devons donc, à ce qu'il paraît, considérer le soleil comme une étoile de dimension ordinaire.

Ceci montre encore combien l'éclat des étoiles est éloigné de nous donner à lui seul une mesure de leur *éloignement*; car pour la plupart des étoiles de première et de seconde grandeur on a eu toutes les peines à trouver une trace de parallaxe, tandis qu'on l'a trouvée pour deux étoiles dont une est de septième et l'autre est de huitième grandeur. Ainsi, pour donner des nombres, nous voyons que α du Centaure, étoile de première grandeur, et la Polaire, étoile de seconde, n'atteignent point la masse de notre soleil, tandis qu'Ophiuchus, étoile de quatrième grandeur, est trois fois plus pesante (2).

Au lieu d'examiner les progrès faits par l'étude de quelques étoiles isolées, nous allons nous occuper des progrès généraux de l'astronomie stellaire. Nous n'apprendrons rien en disant que tous les observatoires pourvus de bons instruments s'occupent constamment à augmenter le nombre des étoiles bien déterminées; nous avons déjà eu occasion de faire remarquer que l'on possède des déterminations plus exactes, en partie parce que l'on a de meilleurs instruments, en partie à cause du soin avec lequel on étudie les différentes circonstances, et aussi parce que l'on possède une méthode de calcul plus exacte et plus simple. On avait reconnu depuis longtemps qu'un assez grand nombre d'observations des siècles derniers, et même de la première moitié de ce siècle, n'avaient point été réduites avec tout le soin et toute l'exactitude que méritent leur valeur. Les excellentes réductions des observations de Bradley par Bessel lui-même ne suffisaient point, car toutes les observations de Bradley ne furent pas ré-

(1) Sur les mouvements propres des étoiles, voyez une conférence de M. C. Wolf dans notre tome III, page 665, 8 septembre 1866.

(1) Sur l'analyse spectrale en astronomie, voyez un cours de M. W. A. Miller dans notre tome IV, page 753, et le présent tome V, pages 53 et 139, numéros des 26 octobre, 28 décembre 1867 et 1er février 1868.

(2) Voyez un article du P. Secchi, dans notre numéro du 4 juillet 1868, page 489.

duites (plusieurs étaient méconnues de Bessel), et les propres travaux de Bessel mirent plus tard en évidence de nouveaux éléments de réduction. Bessel n'eut pas le temps nécessaire pour se livrer de nouveau à une entreprise qui lui a demandé, pour la première fois, douze ans de travail le plus assidu, et qui maintenant, à cause du développement de la science, exigerait une période de temps beaucoup plus longue encore. Bessel n'avait même pas le temps de réduire exactement ses propres observations. Aussi tous les astronomes apprendront avec plaisir que Auwers, un calculateur soigneux et habile, a entrepris cette tâche si utile. Ce savant nous a donné, dans une assemblée d'astronomes qui vient de se tenir à Bonn, des nouvelles sur le commencement et la continuation de ces calculs. Comme les observations de Piazzi, publiées présentement à Vienne, sont soumises à un nouveau calcul, nous posséderons dans un temps qui ne sera pas très-éloigné une série de la position des étoiles au milieu et à la fin du XVIII[e] siècle, et nous pourrons la comparer avec leur position au XV[e] siècle, ce qui nous permettra de donner quelque certitude à ce que nous savons des mouvements propres des étoiles, phénomène que nous ne connaissons encore que d'une manière très-imparfaite.

Il y a encore un nombre considérable d'observations qui attendent les réductions, et l'on doit s'occuper des déterminations d'étoiles par Messier, par Pound et par d'autres, car on ne voudra pas laisser dans l'état où ils se trouvent des travaux d'astronomie aussi importants que ceux que nous venons de nommer. Les jeunes astronomes actifs et courageux qui ont le monde planétaire sous leur surveillance, ne trouveront pas *évidemment le temps* de s'occuper du calcul de la position des étoiles. Il sera donc nécessaire de demander ces déterminations à d'autres travailleurs qui ne seront attelés à aucune entreprise de longue haleine. Déjà Gauss avait l'habitude de dire que *chaque* nouveau calculateur habile valait plus que *deux* nouveaux observatoires. Si nous pensons aux immenses régions de notre terre qui en sont dépourvues même aujourd'hui, nous ne nous sentons pas la force de désirer que l'on cesse d'en construire ; mais la parole de ce grand homme est encore justifiée. En effet, la masse des observations que l'on doit réduire est devenue maintenant plus grande que de son temps.

D'un autre côté, la description du firmament au moyen de cartes célestes a fait un grand pas dans ces derniers temps, par la publication, qui a été terminée en 1863, des étoiles observées dans l'Europe centrale, magnifique travail que nous devons à Argelander et à ses collaborateurs. Nous disons observées et non-seulement publiées, car les trois cent mille étoiles que contient l'atlas d'Argelander ont été déterminées par des observations réelles, quoique faites le plus rapidement possible, et non par de simples calculs.

Il s'agit maintenant de déterminer par des observations exactes toutes les étoiles jusqu'à la 9[e] grandeur, dont on peut dire qu'elles se trouvent toutes dans cet atlas. On peut exécuter convenablement ce travail avec les télescopes qui sont dans nos observatoires ; mais, à cause de son étendue, il ne peut être l'œuvre d'un seul astronome, et il faudra le partager entre plusieurs. Un partage de ce genre a été décidé par l'assemblée de Bonn, et les observations ont commencé sur ce principe de la division du travail, de sorte que le résultat peut être complet en douze ou quinze ans. Plusieurs observatoires ont fait depuis quelque temps des travaux qui seront utilisés dans cet ordre de recherches.

Il y a toujours des gens qui ne voient dans l'étude des astres qu'un moyen de construire simplement le calendrier, et, lorsqu'ils considèrent la chose de plus haut, de faciliter la conduite des vaisseaux en mer. Quoique les astronomes ne dédaignent pas ces objets, ils sont bien loin de renfermer leur activité dans des bornes si étroites, et de croire que la science tire sa vraie valeur originale de ce but extérieur.

Je termine ici cette revue, quoiqu'elle soit loin de comprendre tout ce qui intéresse les astronomes et que je n'aie point développé les parties dont j'ai traité autant qu'il est désirable, autant qu'il serait possible en entrant dans de nouveaux développements. Cependant j'espère que l'esquisse que je vous ai présentée suffira pour vous donner une idée plus exacte qu'on ne l'a ordinairement de l'importance de l'astronomie. Il ne me sera plus permis désormais de travailler pratiquement à la construction du temple, et je ne peux plus que conquérir des amis à l'astronomie par la parole vivante. Pouvais-je trouver une meilleure occasion de le faire, que d'exposer devant vous ses tendances et les moyens qu'elle emploie pour arriver au but de ses efforts ?

VON MADLER,
Conseiller d'État de Russie.

— Traduit de l'allemand par W. de FONVIELLE. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

XIII

Races animales domestiques. — Mammifères.

Messieurs,

Nous allons continuer aujourd'hui et terminer l'examen des principales races domestiques de mammifères, en ne cessant pas de nous renfermer dans le cadre de nos études.

De l'histoire du chien nous passons à celle du cochon, qui la rappelle à certains égards. Le porc, lui aussi, figure à divers titres dans les documents de haute antiquité que je vous ai cités à propos des races canines. Pictet a retrouvé dans le langage des Aryans primitifs les racines des différents noms que les Grecs et les Romains donnaient à cet animal, qui a donc suivi dans leurs migrations les populations aryanes les plus anciennes. L'observation est importante, en ce qu'elle paraît assigner à cette espèce une origine lointaine et asiatique. Is. Geoffroy avait insisté sur ce fait qui lève dès l'abord une des difficultés que présente la recherche de la souche porcine sauvage.

Naturellement le *Zend-Avesta* et les *Vedas* parlent du porc. Le *Chou-king* le mentionne formellement à une époque qui répond à l'an 2700 avant notre ère. Enfin, parmi les livres de Moïse, le *Deutéronome*, écrit au milieu du XVII[e] siècle environ, prend soin de le proscrire et de le déclarer impur. Cet ani-

---

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528 et 544, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet 1868.

mal ne figure pas dans les stèles égyptiennes dont nous avons déjà parlé et qui remontent à 4000 ans environ avant Jésus-Christ. Mais de ce qu'il n'y est pas représenté, il n'en faut pas conclure qu'il fut inconnu dans le pays à cette époque. En effet, le porc étant essentiellement impur aux yeux des Égyptiens, on comprend que son image fût bannie de ces salles funéraires à la décoration desquelles présidaient avant tout les idées religieuses.

A ces documents historiques se joignent ceux qui résultent des recherches paléontologiques. Dans les *kjökkenmöddings* du Danemark, Steenstrup a trouvé notre sanglier, le *Sus scrofa* de Linné; mais rien n'y annonce sa domestication. Les cités lacustres nous le montrent non plus sauvage, mais domestiqué; et Rutimeyer a pu, dans les débris de cuisine qui accompagnent ces antiques stations, distinguer deux formes, deux races distinctes.

Cette ancienneté de la sujétion du porc à l'homme devait faire prévoir de nombreuses variations du type primitif. En effet, le nombre des races porcines est extrêmement considérable. Ces races diffèrent par la taille, le pelage, la couleur, et surtout par la conformation de la tête.

Je n'insiste pas sur ces modifications que vous connaissez pour la plupart, et je passe immédiatement aux questions qui se posent au sujet du porc comme elles se sont posées déjà pour le chien. Tous les types différents dont je viens de vous signaler l'existence remontent-ils à une ou à plusieurs souches spécifiques?

La multiplicité des souches a eu encore ici ses défenseurs. Fitzinger croit devoir en compter six distinctes. Cependant, depuis Aristote jusqu'aux deux Cuvier et jusqu'à Blainville, on avait admis que les porcs d'Europe avaient une origine unique, le sanglier (*Sus scrofa*). On appuyait cette opinion sur les faits suivants : le sanglier donne par son croisement avec le porc des métis féconds qui, mariés entre eux à l'état domestique, ne tardent pas à faire reparaître le porc ordinaire. Réciproquement, le croisement avec le sanglier ou même la vie sauvage seule suffit pour que les porcs devenus libres reprennent promptement certains caractères du *Sus scrofa*.

Toutefois Link et Dureau de la Malle, le premier au nom de la morphologie zoologique, le second au nom de l'archéologie, attribuent au porc une origine orientale, et le font descendre du *Sus indicus*.

Blainville, après avoir étudié la question avec le plus grand soin, conclut qu'entre ce sanglier indien et notre sanglier européen, il n'existe pas de différences ayant une valeur spécifique. Cette conclusion est remarquable, surtout venant de Blainville, un des représentants les plus absolus de l'école de la fixité de l'espèce. En effet, pour que celui qui a défini l'espèce, « l'individu multiplié dans le temps et dans l'espace », admette que des races aussi différentes entre elles que les races de porcs dérivent d'une souche unique, il faut que les faits parlent bien haut.

Isid. Geoffroy, après de consciencieuses recherches, se résume en déclarant que, parmi nos races domestiques, les unes sont également voisines, les autres également distantes et du *Sus indicus* et du *Sus scrofa*.

La question a été reprise dans ces derniers temps avec des éléments nouveaux. M. Sanson, zootechniste très-distingué, admet trois races de porcs. Mais le mot *race* a chez lui une acception toute spéciale; il signifie dans ses ouvrages l'*espèce* des naturalistes paléontologistes. M. Sanson admet donc en réalité trois espèces, l'une celtique, indigène en France et en Espagne; l'autre romanique, représentée par les cochons napolitains; l'autre asiatique, qui a été introduite chez nous par l'importation assez récente des cochons chinois, siamois, etc. Vous voyez donc que déjà M. Sanson, bien que restant exclusivement sur le terrain morphologique, abaisse de moitié le nombre des souches fixé à six par Fitzinger. Sans sortir de cet ordre de considérations, la réduction a été portée plus loin encore.

Un savant allemand, Nathusius, a publié un mémoire extrêmement détaillé où il examine le problème sous toutes ses faces. Il conclut que toutes nos races domestiques se rapportent aux deux types que nous connaissons, au *Sus scrofa* et au *Sus indicus*. Or les différences que présentent ceux-ci peuvent s'exprimer en peu de mots, si on laisse de côté les variations secondaires de la taille, du pelage, de la couleur, pour s'attacher surtout à la forme de la tête. Le *Sus indicus* a la tête raccourcie et écrasée au museau; la face a moins d'étendue; d'autres différences existent encore pour la longueur des os lacrymaux et la divergence des séries dentaires. Faut-il voir là deux types de races ou deux types d'espèces? Nathusius a démontré que par leur croisement on obtient la race napolitaine. Celle-ci est donc tout d'abord à éliminer parmi les souches de M. Sanson.

Restent les deux autres. « Morphologiquement, dit Nathusius, elles ne peuvent se confondre l'une dans l'autre. » Cependant il trouve à Bornéo un sanglier très-semblable au *Sus scrofa*, mais qui en diffère par un museau élargi et par les lacrymaux raccourcis; c'est-à-dire que, sous ce rapport, il se rapprocherait du *Sus indicus*. C'est donc un de ces chaînons intermédiaires dont nous avons souvent parlé; placé entre les deux types extrêmes, il ressemble pourtant un peu plus à l'un qu'à l'autre, ici au *Sus scrofa*. D'un autre côté, une des formes découvertes par Rutimeyer, le porc des tourbières, a été rapportée par Nathusius au *Sus indicus*. Rutimeyer a montré plus tard qu'il en diffère cependant par des caractères accusés. Voilà donc encore une nouvelle forme intermédiaire plus voisine cette fois du *Sus indicus* que du *Sus scrofa*. Ainsi nous trouvons dans l'Inde un type rappelant le porc européen, et, en Europe, un type très-ancien se rapprochant du porc indien.

Mais notre sanglier a-t-il donc un habitat assez étendu pour que l'on puisse y comprendre Bornéo? Oui, car Nathusius a reçu de l'Inde deux crânes identiques à celui du *Sus scrofa*. Quant au *Sus indicus*, il ne se rencontre nulle part à l'état véritablement sauvage.

On est en outre amené à considérer les caractères si frappants de la tête du *Sus indicus* comme une exagération de ceux qui distinguent chez nous le porc domestique du sanglier ordinaire. Nathusius a bien montré en effet que notre cochon avait la tête plus courte et plus large que son congénère sauvage. L'élongation moins grande que présente son museau résulterait de ce que, dans son état de domestication, il n'a pas besoin, au même point que le sanglier, de faire usage de son groin pour fouir et trouver sa nourriture. Voilà donc un pas fait dans la voie qui mène au *Sus indicus*. D'autre part, M. Stanislas Julien, dont vous connaissez tous le nom rendu célèbre par tant de traductions et de travaux sur la Chine, nous apprend que le porc y est élevé avec le soin que les Chinois seuls semblent pouvoir donner à certains animaux. Il y est tenu constamment en cage et immobile. Aussi

cette éducation, si bien faite pour exagérer les caractères qui résultent chez notre porc de la simple domestication, et qui le rapprochent déjà du *Sus indicus*, produit-elle cet effet au plus haut degré.

En résumé, nous connaissons une espèce sauvage qui est la même depuis l'Inde jusque chez nous et en Afrique, le *Sus scrofa;* de l'aveu de tous, une partie de nos cochons doivent en descendre. L'autre souche présumée n'est connue qu'à l'état domestique. Entre les deux nous avons des intermédiaires incontestables, et nous savons comment se produit à la longue une modification de la tête analogue à celle qui nous frappe chez le *Sus indicus*. Ainsi la morphologie seule nous autoriserait à conclure à l'unité d'origine.

Remarquons d'ailleurs que, pour le porc comme pour le chien, le croisement des deux formes extrêmes considérées comme des espèces ne rend pas compte des caractères les plus anormaux de certaines races. Ainsi il existe un porc à un seul sabot, le porc solipède, chez qui cette particularité se produit de deux manières. Tantôt entre les phalanges des deux doigts posés à terre il se produit un troisième doigt dont le sabot se soude, par suite de la compression, aux deux sabots isolés, de manière à n'en plus faire qu'un avec eux; tantôt il y a simplement fusion plus ou moins parfaite des deux doigts normaux en un seul. Or, ce remarquable caractère ne se trouve ni chez le *Sus scrofa*, ni chez le *Sus indicus*. Son apparition ne peut donc, au point de vue de la morphologie seule, s'expliquer par le croisement.

Je ferai une remarque analogue à propos du porc du Japon. Les replis si profonds dont il a la face sillonnée comme s'il avait un masque, et les plaques de peau épaissie qu'il porte sur les épaules et sur la croupe, et qui rappellent la cuirasse de l'hippopotame, n'existent ni dans l'une ni dans l'autre des races de Nathusius. J'en dirai autant de l'ancien porc irlandais figuré par Darwin, et parfois du porc normand. Les appendices composés d'un centre cartilagineux et de deux muscles longitudinaux que l'on remarque chez eux aux angles des mâchoires, sont aussi quelque chose de très-spécial. Assurément on ne rencontre rien de tel chez aucun des deux types admis par Nathusius.

Donc, pour le porc comme pour le chien, la théorie de la multiplicité d'origine ne rend pas compte des différences que présentent certains types, à moins que l'on ne se laisse aller dans ce sens à une exagération évidente. Dès lors la morphologie seule nous conduit à l'unité de l'espèce. Telle est la conclusion d'un naturaliste des plus distingués, M. Brandt (de Saint-Pétersbourg), dans ses *Recherches zoographiques et paléontologiques*.

La physiologie est encore plus explicite, s'il est possible, que la morphologie. En croisant le *Sus indicus* et les races qui en descendent avec le *Sus scrofa* et ses dérivés, on obtient des métis toujours féconds, souvent même leur fécondité s'accroît. Ainsi Darwin cite un de ses amis qui, après avoir croisé la race anglaise avec le *Sus indicus*, vit la faculté de reproduction augmenter chez les métis. Il rapporte également que le porc du Japon, le *Sus pliciceps* de Gray, croisé par Eyton avec la race du Berkshire, donna des métis qui furent entre eux d'une fertilité parfaite. Enfin un éleveur distingué du Midi, M. le marquis de Ginestous, me disait qu'ayant eu des cochons anglais mêlés de sang chinois qui tendaient à devenir stériles, il lui a suffi de les croiser avec des cochons du Midi pour voir reparaître la fécondité. Je ne fais qu'indiquer ces derniers arguments dont il vous est encore difficile de comprendre la portée; mais, lorsque je serai revenu plus tard sur les questions auxquelles se rapportent les faits que je viens de citer, vous apprécierez, j'espère, ce qu'ils ont de décisif.

De cet ensemble de faits, nous conclurons que tous nos cochons domestiques dérivent d'une souche unique, le *Sus scrofa* des naturalistes.

L'histoire de la chèvre est à peu près celle du porc, mais plus simple. Comme le porc, la chèvre apparaît dans les plus anciens monuments historiques; elle figure dans les stèles des tombeaux égyptiens de la quatrième dynastie, et elle y présente déjà des couleurs variées; de plus, on lui voit les oreilles tombantes, ce qui suppose, à cette époque, une domestication déjà ancienne de l'espèce. Son nom a été retrouvé par Pictet dans le langage des Aryans primitifs comme dans les idiomes de leurs plus anciens colons; il est donc tout simple qu'elle soit mentionnée dans les *Vedas* et dans le *Zend-Avesta*. La *Genèse* en parle également. Pourtant la chèvre n'a pas laissé de traces dans les *kjökkenmöddings*, et ne paraît avoir pénétré en Danemark que pendant l'âge de bronze. D'ailleurs, elle apparaît dans les cités lacustres.

Le nombre des races de chèvres est extrêmement considérable. Dans l'île Maurice seulement, M. Clark en distingue huit. Les différences qu'elles présentent sont trop nombreuses pour que je les énumère ici. Je me borne à vous rappeler, à propos du pelage, qu'il est des chèvres au poil ras à côté des chèvres cachemire et angora. La couleur variait déjà 4000 ans avant notre ère. Dans le même petit troupeau, représenté par les artistes de ce temps, et composé d'un bouc et de sept chèvres, on trouve réunies les nuances fauve, brune, grise et pie. J'appelle d'avance votre attention sur les races sans cornes. C'est là un fait que nous retrouverons plus tard; mais il est bon dès aujourd'hui de constater que rien de semblable ne se produit à l'état sauvage.

Pour la chèvre aussi, nous avons à nous demander si les formes différentes que nous en connaissons doivent être considérées comme des races ou comme des espèces. Ici la réponse est à peu près unanime : il n'y a qu'une seule espèce de chèvre, l'ægagre (*Capra ægagrus*), répandue en abondance dans presque toutes les montagnes de l'Asie. On comprend, du reste, aisément qu'elle ait été importée en Europe lors des premières migrations asiatiques.

On s'est demandé cependant si la chèvre de Falconer (*Capra Falconeri*), originaire de l'Inde, ne serait pas pour une part dans la production de la chèvre angora. Des raisons analogues à celles que nous avons déjà données nous font conclure négativement.

On a cherché encore à expliquer les pelages angora et cachemire par le croisement de la chèvre et du mouton. Nous pouvons affirmer qu'il n'en peut être ainsi. Les hybrides de chèvre et de mouton nous sont bien connus, et nous en ferons plus tard l'histoire détaillée. Disons tout de suite que leur toison ne ressemble nullement à celle dont on voulait expliquer l'apparition.

Si la chèvre présente à notre point de vue peu de difficultés, il en est tout autrement du mouton. Lui aussi semble bien avoir été un de nos plus anciens compagnons. Nous ne le retrouvons pas dans les peintures de la quatrième dynastie; mais Pictet le signale chez les Aryans primitifs. Les *Vedas*, le *Zend-Avesta*, le *Chou-king*, la *Genèse*, dès le quatrième cha-

pitre, le mentionnent. Il manque dans les *kjökkenmöddings;* mais on le retrouve, dans les cités lacustres, domestiqué à côté de la chèvre.

Le nombre des races est aussi considérable dans cette espèce que dans les espèces précédentes, et les différences qui les séparent ne sont pas moins grandes. Je laisse de côté les variations de taille et de couleur pour dire un mot de la toison. En effet, l'idée de laine paraît inséparablement unie à l'idée de mouton. Cependant, à côté des races à laine, il s'est produit des races à poils ras et lisses. Nous verrons de plus que nos moutons transportés dans l'Amérique du Sud passent dans cette dernière catégorie dès que les soins viennent à leur manquer.

Les modifications du squelette sont bien plus graves encore. Elles se manifestent extérieurement pour la tête par le profil; le chanfrein est tantôt droit, tantôt extrêmement busqué. Le nombre des cornes est très-variable; il peut être réduit à zéro, comme chez certains moutons du Muséum, et s'élever à quatre ou cinq dans une race d'Islande. On connaît aussi une race du Chili dont les individus ont régulièrement quatre cornes.

La queue éprouve des modifications étranges. Elle peut être presque nulle ou traînante. Dans les deux cas, elle est tantôt maigre, et la peau n'y recouvre alors que les os et les muscles; tantôt chargée d'une graisse si abondante, que les Kirghis la posent sur une brouette destinée à la supporter.

On avait signalé l'existence de poches à synovie interdigitales comme un caractère générique du mouton, manquant absolument chez la chèvre; néanmoins Is. Geoffroy a constaté leur absence dans quelques races ovines, tandis qu'on les trouve, quoique bien plus rarement, chez certaines chèvres.

Ces variations, en présence desquelles nous nous trouvons, nous amènent toujours à la même question : Faut-il en conclure l'existence de plusieurs espèces ou seulement de races multiples appartenant à une espèce unique? A considérer le mouton isolément et dans l'état actuel de la science, il serait difficile de répondre. La détermination de la souche sauvage est encore trop incertaine; on connaît trop peu les moutons de l'extrême Asie, et les types intermédiaires pouvant conduire à la souche première, quelle qu'elle soit, ont encore été trop peu observés. Il faut, dans tous les cas, renoncer au mouflon, l'*Ovis musimon* de Pallas. Il est trop cantonné en Corse et en Sardaigne pour que l'on puisse expliquer, dans cette hypothèse, la domestication si ancienne et l'existence de races presque antéhistoriques du mouton chez les Aryans. On a parlé aussi de l'argali (*Ovis Ammon*, Lin.), qui habite toutes les montagnes de l'Asie. On pourrait, par analogie, trouver de grandes probabilités en faveur de cette opinion; mais les races orientales sont, je le répète, encore trop peu connues pour que l'on puisse se prononcer.

Quoi qu'il en soit, toutes les incertitudes de la question, le défaut de renseignements positifs, ont favorisé la tendance que je vous ai si souvent signalée, à multiplier outre mesure le nombre des souches premières, dans le but d'expliquer par la morphologie absolument toutes les variations typiques. Ainsi Fitzinger admet dix souches, dont une seule vivrait encore à l'état sauvage. Anderson croit que toutes les races anglaises sont originaires d'Angleterre, et les rapporte à onze espèces indigènes.

Dans l'état actuel des choses, je crois plus sage de reconnaître ce que la question a d'insoluble pour le moment. Je me bornerai donc à quelques remarques générales. Ici, comme pour les autres espèces dont nous nous sommes occupés, le croisement de toutes les formes sauvages actuellement existantes ou fossiles est une cause bien insuffisante pour rendre compte de tout, des races sans cornes ou à plus de deux cornes par exemple. Il faut donc autre chose que la pure morphologie pour expliquer l'apparition de certaines races domestiques. Quelques-unes de ces races les plus frappantes sont de formation contemporaine : tel est le type Ancon, présentant chez le mouton les caractères du basset; tel est aussi le type Mauchamp, de création française récente, et dont un accident naturel a été le point de départ. Au reste, nous reviendrons plus tard sur l'apparition de variétés artificielles *et sur* la manière dont on les fixe pour créer des races domestiques nouvelles. Darwin lui-même, malgré les tendances que vous lui connaissez, fait observer que si la race Ancon et la race Mauchamp étaient nées seulement il y a trois ou quatre siècles, on en ferait aujourd'hui deux espèces.

Enfin tous les croisements qui ont eu lieu entre les types les plus différents de mouton ont été fertiles, et c'est même un des moyens principaux que l'on a employés pour améliorer et pour féconder les races. Nous retrouverons le mouton dans l'étude de la formation des races; mais vous voyez déjà quels enseignements il nous fournit, malgré l'incertitude qui plane sur son origine.

J'arrive maintenant à l'un des plus anciens, peut-être au plus ancien serviteur de l'homme, auxiliaire si apprécié, que, même en le tenant sous le joug, son maître a conçu une telle reconnaissance de ses services, qu'il l'a déifié et lui a donné un rôle mythologique capital sur deux points du globe bien éloignés l'un de l'autre, en Égypte et dans l'Inde : je veux parler du bœuf.

Le bœuf se trouve à côté de l'homme dès les temps géologiques, et la forme ou race du *Bos primigenius* est une de celles qui caractérisent l'époque quaternaire, en même temps qu'elle est positivement la souche de certaines de nos races domestiques, au dire de ceux qui en admettent plusieurs. Des vestiges du *Bos primigenius* se retrouvent dans les *kjökkenmöddings* et dans les débris qui sont au pied des pilotis des cités lacustres. Il est même remarquable que cette forme, appartenant à la période quaternaire, se soit conservée chez nous presque jusqu'à l'époque contemporaine. En effet, ce bœuf primitif figure au x[e] siècle dans le menu officiel des moines de Saint-Gall sous le nom d'*Urus*, et les récits des *Niebelungen* nous font assister, au XII[e] siècle, à des chasses à l'*Ur* dans la forêt de Worms.

En Égypte, les stèles de la quatrième dynastie nous offrent les représentations de véritables bœufs appartenant évidemment à plusieurs races, comme le prouvent leurs cornes tantôt grandes et droites, tantôt petites et recourbées en croissant. Pictet a retrouvé dans le langage des Aryans primitifs différentes appellations données au bœuf, et il les suit dans les idiomes des peuples qui dérivent de cette souche. Le bœuf ne pouvait dès lors manquer de figurer dans les *Vedas* et dans le *Zend-Avesta*, monuments moins anciens.

Les races bovines sont fort nombreuses. Low en compte dix-neuf anglaises; de plus, la Grande-Bretagne est entourée d'îles qui ont chacune pour ainsi dire leur race particulière. Desmarets énumère quinze races françaises principales, se subdivisant toutes en un grand nombre de races secondaires. Enfin, pour prendre une région plus éloignée, en Cafrerie,

chaque tribu possède sa race de bœufs distincte, si bien qu'il suffit de voir la tête d'un de ces animaux pour savoir à quelle tribu il appartient. En effet, des caractères analogues à ceux que nous avons signalés chez le mouton servent aussi à distinguer entre elles les races bovines. Les cornes sont tantôt immenses et droites comme chez le bœuf de Hongrie qui a vécu pendant quelque temps au Jardin des plantes, tantôt petites et parfois nulles. Enfin je vous signale surtout une race qui s'est formée de notre temps et qui a presque disparu dans l'Amérique du Sud, le bœuf *Niata*, que l'homme cherche à détruire toutes les fois qu'une variété de ce genre tend à se fixer. Ce bœuf, sur lequel je reviendrai à plusieurs reprises, a les caractères extérieurs du bouledogue.

Si je signale ces différences, c'est qu'à propos des individus qui les présentent, ont été soulevées également les questions que nous avons abordées si souvent déjà. Les types multiples que l'on observe sont-ils des types d'espèces ou des types de races?

Les naturalistes sont aussi divisés lorsqu'il s'agit du bœuf que lorsqu'il s'agit du mouton ou du chien, car ici encore la multiplicité des races est très-grande. Malheureusement, nous connaissons peu les bœufs de l'Asie centrale, et c'est là qu'il faudrait avant tout chercher des indications. Cependant l'étude du bœuf fossile peut fournir quelques renseignements; et remarquez ici que plus on dispose d'éléments nombreux d'appréciation, plus il y a de tendances, même sur le terrain morphologique, à diminuer le nombre des souches que l'on avait commencé par croire très-considérable.

Les observations dont je vais parler sont empruntées à un mémoire très-remarquable de Rutimeyer, qui a si bien étudié la faune antéhistorique des cités lacustres. Je regrette seulement de trouver dans ce travail une application constante des idées de Darwin. Ces idées, auxquelles je fais allusion, vous les connaissez presque tous dans ce qu'elles ont de fondamental; nous les discuterons ensemble, et j'espère vous montrer qu'elles ne peuvent être acceptées par quiconque se dégage de préoccupations purement morphologiques. Le mémoire de Rutimeyer n'en reste pas moins un travail des plus consciencieux et des plus importants.

Les recherches paléontologiques, combinées avec l'étude des races européennes actuelles, avaient conduit à considérer nos bœufs comme dérivant de quatre souches premières: le *Bos primigenius*, le *B. trochoceros*, le *B. frontosus* et le *B. brachyceros*, caractérisées, vous le voyez, par des particularités se rapportant à la tête. Rutimeyer s'est convaincu, par des observations minutieuses, que le *B. trochoceros* est une variété naturelle, c'est-à-dire une simple race du *Bos primigenius*, attendu qu'entre les deux types les différences sont du même ordre que celles que présentent entre elles les races sauvages actuelles. Le *B. frontosus*, de son côté, constitue une autre race domestique (Rutimeyer dit une espèce) produite artificiellement, et assez solidement fixée par l'homme pour qu'elle conserve encore, même redevenue libre, certains des caractères dus à cette action étrangère.

Quant au *B. brachyceros*, Rutimeyer est moins affirmatif. Il retrouve bien en lui les traces d'une certaine domestication, mais associées à d'autres caractères qu'il ne peut pas plus considérer comme artificiels que rattacher à ceux d'une espèce sauvage connue. Pour nous, qui avons pris comme point de départ des idées générales différentes, et qui accordons à l'organisme des animaux une élasticité considérable dont l'homme use précisément pour former des races domestiques, c'est aussi comme un type de race que nous envisagerons le *B. brachyceros*. Rutimeyer se demande pourtant si l'on ne trouverait pas à l'état sauvage, en Afrique, dans le voisinage du zébu, auquel il conviendrait peut-être de la rattacher, cette forme du bœuf, qui comprend les races actives à jambes délicates, telles que la race bretonne, si leste et si prompte.

Nous sommes ainsi conduits à nous demander si le zébu est une espèce ou une nouvelle race bovine. Jusqu'à ces derniers temps, on l'avait considéré comme se rattachant à la souche du bœuf. Aujourd'hui il y a quelque tendance à en faire une espèce.

En fait, nulle part, soit vivant, soit fossile, on ne trouve le zébu à l'état sauvage. En fait aussi, il est incontestable que ce type est de production récente, ou tout au moins qu'il appartient à une race dont l'expansion est relativement moderne. Pictet a remarqué que les Aryans avaient pour le bœuf presque autant d'appellations différentes que ce mammifère présente de caractères physiques frappants ou peut rendre de services spéciaux; c'était pour eux l'animal à cornes, l'animal qui donne le lait, etc. Aucun de ces noms cependant ne fait allusion à la bosse. Est-il croyable que l'on n'eût pas attribué à un caractère aussi remarquable l'importance que l'on attachait aux autres et qu'on ne l'eût pas fait passer dans la langue?

C'est bien le bœuf ordinaire, et non point le zébu, que reproduisent les peintures égyptiennes, tandis que le bœuf bossu est aujourd'hui répandu dans ce pays et jusque dans le Soudan, en même temps qu'on le rencontre dans l'Inde. Cependant le bétail cafre et hottentot se compose encore de véritables bœufs.

Des documents historiques prouvent que le zébu était également inconnu à une époque plus récente. Certainement Alexandre ne l'a jamais rencontré, si loin qu'il ait poussé ses conquêtes; vous savez en effet avec quel soin il envoyait à Aristote les animaux étrangers qu'il rencontrait dans les pays que traversait son armée. Or, le philosophe naturaliste déclare formellement que le chameau est le seul animal bossu qui existe. Il ne connaissait donc pas le zébu, qu'Alexandre lui aurait sans aucun doute envoyé, frappé par un caractère aussi exceptionnel chez une espèce aussi utile que le bœuf. Le zébu est donc d'introduction récente dans les pays mêmes où il est aujourd'hui le plus commun. Faut-il voir en lui une espèce ou une race? Qu'il me suffise pour le moment de vous dire qu'il se croise avec nos bœufs et donne des métis féconds.

Vous avez pu voir, messieurs, que l'histoire de quelques-uns de nos animaux domestiques présente, au point de vue qui nous l'a fait aborder ici, des difficultés parfois assez grandes. Fidèle à ma manière d'agir, je n'ai pas voulu vous dissimuler ces difficultés, qu'il m'eût été aisé d'éluder en ne parlant pas de ces espèces. Mais il ne faut pas s'en exagérer la portée. Pour l'examen des questions qui vont nous occuper dans nos prochaines leçons, nous n'avons pas besoin de démontrer rigoureusement l'unité d'origine de toutes les espèces domestiques. Celles dont l'unité spécifique est hors de doute suffiraient amplement.

Si j'ai abordé l'histoire des principales et cherché à montrer leur unité spécifique, lors même que des éléments de démonstration faisaient défaut sur quelques

points, c'est en partie par le motif que je rappelais tout à l'heure; c'est aussi qu'il est difficile de ne pas pousser ces questions jusqu'au bout, et qu'il est intéressant de voir où nous conduisent les éléments d'induction que possède aujourd'hui la science; c'est enfin que celles-là même dont l'histoire est incomplète nous apportent des enseignements très-importants, grâce aux types extrêmes qu'elles renferment et dont ne peut rendre compte la multiplicité des origines.

Mais ces animaux domestiques dont je viens de terminer l'étude rapide se révoltent parfois, ils échappent à l'homme. Nous allons avoir à les suivre dans le libre milieu où ils rentrent. Nous aurons à examiner ce que deviennent alors les caractères qu'ils tenaient de l'action humaine.

ARM. ANGLIVIEL.

MUSÉUM ROYAL DE FLORENCE.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DES CORPS VIVANTS.

COURS DE M. CH. MATTEUCCI

(correspondant de l'Institut).

L'Électro-physiologie (1).

V

SOMMAIRE. — Action continue du courant électrique sur les nerfs mixtes. — Le courant direct détruit l'excitabilité du nerf plus vite que l'inverse. — Le courant inverse exalte et augmente, dans de certaines limites, l'excitabilité du nerf. — Contraction tétanique du membre dont le nerf est parcouru pendant un certain temps par le courant inverse. — Phénomène découvert par Ritter. — Alternatives voltiennes. — Expériences de Pflüger.

Jusqu'ici nous avons étudié les effets produits par l'électricité, et particulièrement par le courant électrique, sur les nerfs mixtes et moteurs, sans tenir compte de l'influence que ce courant pouvait avoir et qu'il a lorsque son action se prolonge; en un mot, il nous reste à savoir quels effets produit le courant électrique sur les nerfs lorsqu'il agit pendant un certain temps.

En employant le courant électrique le plus faible possible sur un nerf mixte dont l'électricité est parfaite, nous savons que le premier fait électro-physiologique qui se manifeste est l'excitation du nerf, et par suite la contraction du muscle sous l'influence du courant direct lors de la fermeture du circuit. Nous savons aussi que si l'on emploie un courant un peu plus fort, alors, outre l'excitation du nerf au commencement du courant direct, on a une excitation du nerf parcouru par le courant inverse au moment où l'on ouvre le circuit, qu'on a eu soin de laisser fermé pendant un temps aussi court que possible. Enfin, en employant un courant encore plus fort et un nerf très-excitable, on obtient la contraction musculaire, tant à la rupture qu'à la fermeture du circuit, indépendamment de la direction du courant. Nous devons maintenant voir quels sont les effets qui se produisent alors qu'on laisse le circuit fermé pendant un certain temps. Il n'y a aucune difficulté à expérimenter sur ce sujet et à en découvrir les phénomènes principaux.

Je prépare rapidement un certain nombre de grenouilles, en commençant par les préparer à la façon de Galvani, puis en leur enlevant les os et les muscles du bassin, et en séparant les membres de manière que, si l'on tient étendue la grenouille ainsi préparée, on peut faire passer le courant d'un membre à l'autre. Avec cette disposition, on obtient, comme nous l'avons déjà vu dans nos premières leçons, la préparation la plus commode pour les expériences d'électro-physiologie, parce que, sur le même animal, on a un nerf crural parcouru par le courant direct (c'est le nerf tourné vers le pôle négatif), et l'autre nerf (c'est-à-dire celui qui regarde le pôle positif de la pile) parcouru par le courant inverse. J'ai aussi préparé une grande boîte avec des parois de verre, dans laquelle je puis maintenir l'air saturé de vapeur d'eau, et par conséquent conserver quelque temps les nerfs dans leur état normal. Dans cette caisse pénètrent plusieurs fils métalliques qui, deux à deux, servent d'électrodes. Je dispose sous cette boîte plusieurs grenouilles préparées de manière qu'un des nerfs de l'une d'elles touche l'électrode positif et l'autre nerf de la même grenouille l'électrode négatif. Les courants employés sont de vingt-cinq à trente petits éléments zinc et cuivre immergés dans l'eau salée. J'ai mis quelques-unes de ces grenouilles avec leurs nerfs sur les fils métalliques sans que le circuit fût fermé. Il est inutile, je pense, de répéter que, dans les premiers moments, les grenouilles soumises au passage du courant se contractent toutes fortement à la fermeture comme à la rupture du circuit, et sans que la direction du courant produise aucune différence. Je fais passer le courant par les nerfs de plusieurs grenouilles ainsi préparées, pendant vingt, vingt-cinq et même trente minutes, et j'examine de nouveau, en ouvrant, puis refermant le circuit, ce qui arrive à ces moments, et je compare ces phénomènes avec ceux des autres grenouilles *mises dans les* mêmes conditions, mais non soumises au passage de l'électricité.

Le fait constant que nous observerons est le suivant : Si le courant est assez fort et si les nerfs sont bien conservés dans l'air saturé de vapeur d'eau, on verra que les nerfs qui n'ont pas été soumis au passage du courant électrique sont excités dans les deux membres, tant au commencement qu'à la fin du courant, indépendamment de sa direction. Cela n'arrive plus pour les nerfs des autres grenouilles qui ont été soumises pendant un certain temps au passage du courant électrique; dans celles-ci on n'obtient constamment qu'une seule contraction lors de la fermeture du circuit, celle du membre parcouru par le courant direct, et qu'une seule lors de l'ouverture du circuit, celle du membre parcouru par le courant inverse.

Supposons maintenant que nous répétions l'expérience en tenant le circuit fermé pendant un temps plus considérable, ou en employant un courant plus fort, par exemple de quinze ou seize éléments de Bunsen. Dans ce cas, on observera constamment que le nerf parcouru par le courant inverse est le seul qui soit excité lorsque ce courant cesse de passer.

Je ne puis ici vous montrer ni même vous décrire toutes les expériences que j'ai exécutées il y a bien des années à ce sujet, en employant le dynamomètre de Bréguet, pour comparer les effets du courant selon sa direction, son intensité, et le temps pendant lequel on tenait le circuit fermé. Je dois me borner à vous citer les conclusions principales auxquelles je suis arrivé, telles qu'elles se trouvent rapportées dans le mémoire original publié dans les *Transactions philosophiques de la Société royale de Londres*, 1846. Ces expériences furent

---

(1) Voyez ci-dessus, pages 377, 457 et 505, numéros des 16 mai, 20 juin et 11 juillet 1868.

ou dans les nerfs en même temps, soit dans les nerfs seulement. Les effets ne différèrent pas, et l'on remarquait seulement que, quand le nerf seul était parcouru par le courant, il suffisait d'un courant plus faible ou d'un passage de l'électricité plus court pour produire les altérations déjà décrites dans l'excitabilité du nerf. Je veux pourtant vous montrer une manière très-simple de produire les phénomènes de la fermeture et de la rupture du circuit, qui mérite d'être signalée, ne fût-ce que pour éviter de fausses interprétations. Supposez que nous ayons une grenouille préparée suivant le procédé ordinaire et placée à cheval sur deux petits verres pleins d'eau de puits dans lesquels trempent les électrodes de la pile. Quinze ou vingt minutes après la fermeture du circuit, dans les conditions que je vous ai déjà citées plus d'une fois, on verra, en retirant de l'eau un des électrodes, se produire une contraction très-forte seulement dans le membre parcouru par le courant inverse, tandis qu'il n'arrive rien ou presque rien quand on referme le circuit, à moins qu'on n'ait encore quelque contraction très-faible dans le membre parcouru par le courant direct. Il est à peine nécessaire de vous dire que, pour interrompre le circuit, ou du moins pour faire cesser le passage du courant à travers la grenouille, il me suffit de placer un arc de cuivre entre les deux liquides. En effet, à cet instant, le courant cesse de passer par la grenouille, parce qu'il a trouvé un meilleur conducteur; et à ce moment même nous voyons se produire une forte contraction dans le membre parcouru par le courant inverse.

Mais il y a encore, pour produire la contraction dans le *membre inverse* à la rupture du courant, un autre procédé qu'il est utile de connaître. Supposons que nous ayons une grenouille préparée comme d'ordinaire, et déjà soumise au passage depuis vingt ou trente minutes; si alors, avec un pinceau humecté d'eau de puits, je touche le nerf parcouru par le courant direct, nous n'obtiendrons aucun effet; mais au moment où, avec le même pinceau, j'humecte le nerf parcouru par le courant inverse, on voit se produire dans ce membre une forte contraction. Évidemment la couche d'eau qui baigne le nerf sert à transmettre l'électricité mieux que le nerf, et par suite à l'enlever au nerf comme si l'on avait ouvert le circuit.

Lorsqu'on fait ces expériences avec le dynamomètre, on peut prouver que la contraction obtenue dans le membre inverse lors de la rupture du circuit augmente, au moins dans certaines limites, en proportion de la durée du passage du courant. Je trouve dans ma mémoire les nombres d'une expérience que je vous rapporterai : Dans un cas, en ouvrant le circuit, qui était resté fermé pendant deux secondes, la contraction mesurée par l'indice du dynamomètre pour le membre inverse était évaluée par le chiffre 4; puis, après une fermeture de cinq secondes, elle marquait 6; après trente et une secondes, 10; et après cent vingt secondes, encore 10. Il est donc prouvé que le courant inverse maintient et accroît l'excitabilité du nerf, laquelle tend naturellement à s'éteindre après la mort de l'animal.

Je puis vous donner une autre preuve de cette augmentation de l'excitabilité du nerf sous l'action du courant inverse et de son affaiblissement par l'effet du courant direct, et cela sans recourir à l'électricité, et en employant d'autres excitants, soit chimiques, soit mécaniques. Je prends une grenouille soumise depuis vingt ou trente minutes au passage du courant électrique, et alors, en l'enlevant du circuit, j'éprouve l'excitabilité de ses nerfs en mettant dessus une goutte d'eau salée en la touchant avec un fil de fer chaud ou avec un cylindre de potasse caustique. Quelque moyen que j'emploie, je vois toujours se produire de fortes contractions dans le membre qui était parcouru par le courant inverse, tandis qu'il n'arrive rien dans l'autre membre, ce qui me donne le droit de conclure que l'augmentation d'excitabilité produite par l'action continue du courant électrique, suivant la direction qu'il suit dans les nerfs, persiste pendant un certain temps, même après que le circuit est ouvert.

Je vous montrerai encore un autre fait qui nous conduit aux mêmes conclusions. D'abord, quand le courant n'avait pas été assez prolongé pour détruire l'excitabilité dans le nerf direct, on obtenait la contraction, comme nous l'avons dit plusieurs fois, lors de la fermeture du courant dans le membre direct, puis lors de l'ouverture dans le membre inverse ou dans l'autre. En prolongeant plus longtemps le courant ou en l'employant plus intense, nous voyons bientôt disparaître la contraction à la fermeture dans le membre direct, tandis que la contraction devient au contraire plus forte dans le membre inverse à l'ouverture du circuit; alors je puis essayer l'excitabilité de ces deux nerfs d'une manière fort instructive. Si, dès que le circuit est ouvert et quand, pour ainsi dire, la contraction du membre inverse n'a pas encore cessé, je referme le circuit, je suis sûr d'obtenir ce que je n'avais obtenu auparavant, c'est-à-dire la contraction dans le membre inverse *à l'instant où je ferme le circuit*. Si on laissait le circuit ouvert pendant un certain temps, cet effet ne se produirait plus. Par conséquent, je dois dire que le courant électrique inverse augmente l'excitabilité du nerf, et que cette augmentation disparaît un certain temps après que le courant a cessé de passer. Nous trouverons justement le contraire dans le membre qui était parcouru par le courant direct. Lorsque le nerf de ce membre a perdu l'excitabilité par l'effet du passage répété du courant direct, toutes les fois que le nerf conserve encore quelque excitabilité, je verrai, après avoir rompu le circuit et laissé ce membre en repos, reparaître à la fermeture du circuit cette contraction qui avait disparu sous l'action du courant.

Tous ces résultats, qui sont le fruit de longues études et d'un grand nombre d'expériences, peuvent se résumer dans la proposition suivante : « Un courant continu transmis dans » un nerf mixte modifie l'excitabilité de ce nerf d'une façon » différente, et même contraire suivant sa direction; le cou- » rant direct affaiblit et détruit l'excitabilité du nerf, tandis » que le courant inverse l'augmente, toujours dans les limites » qui résultent de ce que l'excitabilité du nerf est nécessaire- » ment éteinte par la mort de l'animal. Le temps nécessaire » pour que le courant produise ces effets est proportionné au » degré d'excitabilité du nerf, et est en raison inverse de l'in- » tensité du courant. Après l'ouverture du circuit, ces effets » du courant tendent à se dissiper, et cela d'autant plus rapi- » dement, que l'excitabilité du nerf est plus grande et que le » courant employé a été plus faible. »

Dans cette proposition se range naturellement un fait découvert par Volta, et que Lehot et Marianini ont étudié plus longuement : c'est ce qu'on a appelé le fait des alternatives voltiennes, fait que je puis facilement vous montrer en employant la grenouille mise à cheval entre les deux verres où

trempent les électrodes de la pile. Lorsque le passage du courant a déjà modifié l'excitabilité des deux nerfs au point qu'il n'y a plus qu'une faible contraction à la fermeture du circuit dans le courant direct, et une contraction beaucoup plus forte dans l'autre membre quand le courant est interrompu, si l'on renverse la position de la grenouille en laissant les électrodes en place ou si on laisse la grenouille immobile pour changer la position des électrodes, de façon que d'une manière ou de l'autre le membre dont le courant était d'abord direct soit ensuite soumis au courant inverse, tandis que le contraire arrive à l'autre membre, nous verrons d'abord, en fermant le circuit, se contracter le membre qui auparavant se contractait seul à la rupture du circuit, et *vice versâ* se contracter fortement à l'ouverture du circuit celui qui d'abord se contractait très-faiblement à la fermeture du circuit. Ces phénomènes augmentent pendant un certain temps si l'on tient le circuit fermé, et, quand on est arrivé à n'avoir plus que la seule contraction du membre inverse à la rupture du circuit, on verra, en renversant de nouveau la direction du courant, reparaître pour quelques instants la contraction dans le membre direct au commencement du courant, et de nouveau le membre se contracter après le passage du courant inverse à la rupture du circuit.

Dans tous ces cas, c'est toujours notre proposition que l'on doit appliquer : le nerf, fatigué par le courant direct, regagne de l'excitabilité sous l'action du courant inverse, et par suite les contractions s'éveillent quand ce courant cesse ; et au contraire l'autre nerf, dont l'excitabilité avait été entretenue et accrue par le passage du courant inverse, a ainsi conservé la propriété d'éveiller la contraction à l'entrée du courant direct.

Ce qui n'est pas moins important que ce fait des alternatives voltiennes, c'est l'observation qu'a faite Ritter, d'une contraction prolongée et tétanique qui souvent se produit dans les grenouilles très-vivaces qui ont été assujetties pendant un certain temps au passage du courant. Il arrive souvent, en faisant les expériences que nous avons tant de fois décrites, malgré le soin qu'on a de choisir des grenouilles très-fortes et de conserver autant que possible l'intégrité du nerf en faisant les expériences sous la caisse de verre dans laquelle l'air est saturé d'humidité, que la contraction éveillée dans le membre inverse à l'ouverture du circuit n'est pas un phénomène instantané, mais devient au contraire un état tétanique que j'ai vu durer quinze et même vingt secondes. Dans cet état, les contractions se succèdent à des intervalles très-courts, et l'on voit la grenouille se tendre et rester pendant ce temps violemment contractée. Peu à peu ces contractions s'affaiblissent, et la grenouille revient à l'état où elle était avant le passage du courant. Il n'est pas inutile de remarquer qu'il y a un moyen expéditif de mettre fin à ces contractions tétaniques : il consiste à rendre au courant qui traverse la grenouille sa direction antérieure. Au premier moment, il y a une nouvelle et forte contraction dans le membre inverse, ce qui prouve, comme nous l'avons déjà dit, que l'excitabilité du même nerf a augmenté sous l'action du courant inverse ; puis, immédiatement après et par le passage du courant, toute contraction cesse, et la jambe retombe dans son premier état.

Ce fait, que j'ai longuement étudié depuis 1846, ne doit être attribué, comme quelques-uns l'avaient supposé, à l'électricité rendue latente ou condensée dans les muscles parcourus par le courant inverse. On peut le mettre hors de toute contestation en employant un condensateur très-délicat pour rechercher cette électricité.

Nous verrons, dans la prochaine leçon, quels sont les effets électriques engendrés par le passage du courant, et à quoi doivent être attribués les phénomènes électro-physiologiques qui se manifestent à sa rupture.

En attendant, ce qu'il importe de vous montrer, c'est que cet état tétanique produit dans le membre inverse à l'ouverture du circuit exige pour se produire la présence du nerf. Supposons que nous ayons trouvé une grenouille qui nous donne manifestement ce phénomène : alors, en laissant le circuit fermé pendant un certain temps, je puis avec des ciseaux couper le nerf inverse ou près de la moelle épinière, ou au contraire au point où il entre dans les muscles de la cuisse. Dans le premier cas, l'interruption du circuit ainsi produite éveille comme d'ordinaire la contraction tétanique, tandis qu'il n'arrive rien quand le nerf a été enlevé tout entier. C'est donc dans l'état du nerf tel qu'il se trouve après avoir été modifié par le passage continu du courant inverse qu'il faut chercher l'origine de ce phénomène important.

Je crois bon d'ajouter que, même sur les grenouilles vivantes et sur les animaux à sang chaud, il se produit un phénomène analogue à celui qu'on a si bien observé sur la grenouille ; mais, dans ces animaux, la contraction tétanique ne dure que très-peu de temps, et, à proprement parler, c'est plutôt une seule forte contraction qui se produit à l'ouverture du circuit qu'un véritable état tétanique.

J'ai voulu voir si l'effet que produit le passage du courant en éteignant ces contractions tétaniques se produisait aussi sur les muscles qui, ainsi que nous l'avons *vu dans les premières* leçons, se contractent et restent fortement contractés après la décharge d'une bouteille de Leyde ; mais jamais je ne suis parvenu à faire disparaître par le passage du courant cette espèce de rigidité produite subitement par la décharge de la bouteille.

Avant de quitter ce sujet, dont nous nous occuperons tout au long dans la prochaine leçon en vous montrant certains faits physiques qui nous mettent sur la voie de l'explication des principaux phénomènes électro-physiologiques, je veux vous rappeler une expérience que Ritter fit sur lui-même et qui fut ensuite répétée par d'autres avec des résultats à peu près semblables. Ritter raconte que dans une expérience il continua pendant plus d'une demi-heure à faire passer le courant d'une pile d'une main à l'autre. L'expérience finie, il constata une diminution très-sensible dans la mobilité de la main et du bras qui correspondait au pôle négatif, c'est-à-dire du bras qui était parcouru par le courant direct, tandis qu'au contraire la main et le bras qui correspondaient au pôle positif avaient acquis une faculté de se mouvoir et de se contracter beaucoup plus grande qu'auparavant. Ces modifications persistaient un certain temps après l'ouverture du circuit.

Marianini, dans un de ses derniers mémoires sur *les traitements électriques*, dit avoir souvent vu que les courants électriques continus produisaient des sensations de chaleur, de démangeaison et de forte contraction dans les membres mis en communication avec le pôle positif, qui est aussi celui où le courant électrique est inverse.

Parmi les effets électro-physiologiques dus au courant continu, il faut citer aussi certains résultats récemment obtenus

par Pflüger. Je ne m'arrêterai pas à vous décrire toutes les expériences racontées par ce physiologiste dans un gros volume intitulé : *Recherches sur la physiologie de l'électrotone*, publié à Berlin en 1859. Nous verrons dans la prochaine leçon ce que c'est que l'électrotone, dont quelques physiologistes allemands se sont longuement occupés. Pour nous, nous croyons être parvenu à prouver qu'il dépend d'un phénomène électrique fort simple.

Je me bornerai à citer, parmi les expériences de Pflüger, celles qui sont généralement acceptées et que j'ai pu vérifier moi-même, en écartant avec soin toutes les hypothèses sur les *molécules des nerfs*, sur les *forces de tension* dont on les suppose animées, sur les *pôles* attribués à ces molécules. Ces hypothèses n'ont jamais fait faire aucun progrès véritable à cette partie de la science, ni aidé à découvrir aucun fait nouveau ; peut-être même ont-elles empêché d'en découvrir, et ce ne sont que des interprétations imaginaires des phénomènes qu'elles veulent expliquer.

Les expériences de Pflüger consistent à faire passer un courant inverse dans le nerf d'une grenouille galvanoscopique. Si, durant ce passage, on touche le nerf avec une goutte d'eau salée en deçà du pôle positif, c'est-à-dire entre ce pôle et les muscles, aucun phénomène ne se produit; mais si, au contraire, cette goutte d'eau salée est déposée sur le nerf au delà du pôle positif, c'est-à-dire vers l'extrémité du nerf, nous verrons se produire dans la grenouille de fortes contractions. Si l'on répète cette expérience en employant une eau assez saturée de sel pour provoquer avec certitude la contraction, lorsqu'elle sera déposée sur le nerf intact, nous verrons que cette goutte, si elle est placée sur le nerf entre le pôle positif et le muscle, n'éveille pas de contractions, ce qui indiquerait que sur ce point l'excitabilité du nerf est diminuée. Cependant, si cette irritation a lieu près du pôle négatif, au delà de la partie parcourue par le courant, elle produit les contractions. Dans ce cas, l'irritation devait, pour arriver au muscle, traverser un fragment de nerf qui n'avait plus assez de sensibilité pour ressentir l'effet de ce stimulant.

Ces expériences de Pflüger tendraient donc à prouver que, dans un nerf parcouru par un courant continu, l'excitabilité s'accroît près du pôle négatif et même au delà de ce pôle, là où l'on ne suppose pas que le courant existe, et qu'au contraire cette excitabilité est diminuée près du pôle positif et en dehors de ce pôle.

J'espère que, dans la prochaine leçon, nous pourrons aussi donner à ces faits constatés par Pflüger une interprétation moins hypothétique que celle qu'il a lui-même imaginée.

CH. MATTEUCCI,
Sénateur et ancien ministre de l'instruction publique du royaume d'Italie.

— Traduit par L. T. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

M. L. HENRY.

Sulfocyanures des radicaux organiques.

La notice que nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie fait partie d'une série de recherches que nous avons entreprises, depuis quelque temps déjà, sur les sulfocyanures des radicaux organiques, et dont nous nous proposons de communiquer successivement les résultats.

§ 1. — *Action des hydracides halogènes sur les sulfocyanures des radicaux alcooliques monoatomiques.*

On sait que les *cyanates* des radicaux alcooliques monoatomiques se combinent facilement avec les gaz acides chlorhydrique et bromhydrique.

L'analogie que l'on constate en général entre les composés *sulfurés* et *oxygénés* correspondants permettait d'espérer que les *sulfocyanures*, ou plutôt les *sulfocyanates* des mêmes radicaux, se comporteraient de la même manière.

Cette prévision a été en partie confirmée par l'expérience.

Nous nous sommes surtout occupé des sulfocyanures des radicaux C_nH_{2n+1}, et, dans ce but, nous avons préparé ceux de méthyle, d'éthyle et d'amyle (1).

L'acide chlorhydrique gazeux et sec ne se *combine* avec aucun de ces corps, ni à la température ordinaire, ni même sous l'action du froid.

Il n'en est pas de même des acides bromhydrique et iodhydrique.

Ces acides, à l'état gazeux et secs, s'unissent avec énergie avec ces divers sulfocyanures. Le dégagement de chaleur qui accompagne cette combinaison est fort intense ; aussi est-il nécessaire, afin d'éviter l'altération du produit, de refroidir ces éthers à l'aide de l'eau glacée, pendant le passage du gaz acide.

Les combinaisons ainsi formées constituent des corps solides, blancs et cristallins.

Ces corps sont insolubles dans l'éther anhydre et le sulfure de carbone. Ils se conservent sans altération dans l'air sec ou en vase clos. Ils s'altèrent au contraire et se décomposent avec rapidité au contact de l'eau et de l'air humide. L'eau en sépare immédiatement le sulfocyanure non altéré; à l'air humide, ils fument intensément et tombent en déliquescence. Les iodhydrates sont surtout altérables, ils brunissent en quelques instants au contact de l'air.

Cette grande altérabilité rend la purification et par conséquent l'analyse de ces produits assez difficile. Afin de les obtenir dans un état de pureté suffisant, ces corps ont été lavés à l'éther anhydre, puis desséchés par pression entre des doubles de papier joseph. Ces opérations, exécutées avec rapidité et dans un air sec et froid, donnent un produit qui, récemment préparé, paraît extérieurement tout à fait sec.

Les seuls éléments qu'il importât de doser dans ces combinaisons étaient le brome et l'iode ; ces corps ont été décomposés par l'eau, et l'acide a été précipité par l'azotate d'argent.

Voici les résultats de l'analyse de quelques-unes de ces combinaisons :

Dosage du brome. — Bromhydrate de sulfocyanure d'éthyle.

I. 0,8706 grammes de substance ont donné 1 gramme 2920 de bromure d'argent et 0 gramme 0074 d'argent ; ce qui correspond à 0,5553 grammes de brome.

II. 0,9166 grammes de substance ont donné 1 gramme 3607 de bromure d'argent et 0,0053 grammes d'argent, ce qui correspond à 0,5829 grammes de brome.

---

(1) Ces sulfocyanures ont été obtenus à l'aide des iodures de ces radicaux, en chauffant ceux-ci pendant quelques heures, à la température de l'eau bouillante, dans de solides bouteilles de verre hermétiquement fermées. Les *bouteilles à champagne* conviennent parfaitement à cet effet.

Nous ferons remarquer, en passant, que le sulfocyanure d'amyle, préparé de cette façon, ne possède pas, après avoir [illegible] rectifié, l'odeur alliacée et pénétrante que l'on
obtenu en distillant le sulfoamylate avec le
L'odeur de notre sulfocyanure était faible et
l'alcool amylique.

Ces nombres correspondent respectivement à 63,78 pour 100 et 63,58 pour 100 de brome ; la formule $\left.\begin{matrix}CAz\\C_2H_5\end{matrix}\right\}S,2HBr$ en exige 64,25 pour 100 ; la formule $\left.\begin{matrix}CAz\\C_2H_5\end{matrix}\right\}S,HBr$ n'en demande que 47,61 pour 100.

Bromhydrate de sulfocyanure d'amyle.

0,7920 grammes de substance ont donné 0,9620 grammes de bromure d'argent et 0,0134 grammes d'argent, ce qui correspond à 0,4192 grammes de brome.

De là, on déduit 53,17 pour 100 de brome. Les formules $\left.\begin{matrix}CAz\\C_5H_{11}\end{matrix}\right\}S,2HBr$ et $\left.\begin{matrix}CAz\\C_5H_{11}\end{matrix}\right\}S,HBr$ en exigent respectivement 38,09 pour 100 et 55,00 pour 100.

On peut donc conclure de ces analyses que les combinaisons formées par l'acide bromhydrique sont des *bibromhydrates*.

Dosage de l'iode. — Les iodhydrates étant d'une extrême altérabilité, leur analyse ne nous a donné en général que des résultats peu satisfaisants ; nous rapporterons cependant celle de l'iodhydrate de sulfocyanure d'éthyle.

1 gramme 2920 de substance a donné 1,3016 grammes d'iodure d'argent et 0,0080 d'argent, ce qui correspond à 0,7128 grammes d'iode.

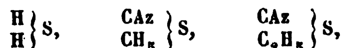
De là, on déduit 55,18 pour 100 d'iode. Les formules $\left.\begin{matrix}CAz\\C_2H_5\end{matrix}\right\}S,2HIo$ et $\left.\begin{matrix}CAz\\C_2H_5\end{matrix}\right\}S,2HIo$ exigent respectivement 59,06 pour 100 et 74,05 pour 100 d'iode.

Quelque défectueuse qu'elle soit, cette analyse permet cependant de conclure, vu la grande différence de composition qui existe, le *mono* et le *biodhydrate*, que la combinaison examinée était un *monoiodhydrate*.

Les combinaisons formées par l'acide iodhydrique paraissent donc avoir une composition différente des combinaisons que donne l'acide bromhydrique.

Ces bromhydrates et iodhydrates, différents de composition, et si facilement décomposables par la seule action de l'eau, prennent naturellement place dans ce groupe de corps, auxquels M. Kekulé a si justement donné le nom de *combinaisons moléculaires* (1).

A côté des sulfocyanures de méthyle, d'éthyle, etc., dont il a été question, et que l'on peut rapporter au type $\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}S$, un atome de carbone y existant intimement uni à l'azote sous forme de cyanogène,



$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}S, \quad \left.\begin{matrix}CAz\\CH_5\end{matrix}\right\}S, \quad \left.\begin{matrix}CAz\\C_2H_5\end{matrix}\right\}S,$$

il existe d'autres sulfocyanures, isomères avec ceux-ci, susceptibles de s'unir par addition avec l'ammoniaque et les amines en donnant des urées sulfurées, et que l'on peut rapporter au type $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}Az$, un atome de carbone y existant intimement uni avec le soufre, à l'état de sulfocarbonyle CS.



$$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}Az, \quad \left.\begin{matrix}CS\\C_2H_5\end{matrix}\right\}Az, \quad \left.\begin{matrix}CS\\C_5H_5\end{matrix}\right\}Az.$$

Il nous a paru intéressant de rechercher comment se comporteraient ces sulfocyanures sous l'action des hydracides halogénés gazeux. Nous avons examiné, sous ce rapport, l'essence de moutarde ou le sulfocyanure d'allyle, $\left.\begin{matrix}CS\\C_3H_5\end{matrix}\right\}Az$, que l'on peut regarder comme le type de cette catégorie de composés.

Pas plus que les autres, le sulfocyanure d'allyle ne se concrète avec l'acide chlorhydrique gazeux.

Avec le gaz acide bromhydrique, il se combine avec énergie en donnant un produit blanc, cristallin, doué des mêmes propriétés que ceux que l'on obtient avec les autres sulfocyanures.

Nous avons trouvé dans cette combinaison 43,53 pour 100 de brome ; la formule $\left.\begin{matrix}CS\\C_3H_5\end{matrix}\right\}Az, HBr$ en exige 44,44 pour 100.

L'essence de moutarde se rapportant au type H_3Az, il n'est pas étonnant que son bromhydrate ait la même composition que celui de l'ammoniaque elle-même.

L'action qu'exerce l'acide iodhydrique est beaucoup moins nette ; l'essence de moutarde absorbe ce gaz en s'échauffant considérablement ; il en résulte une masse poisseuse, dont nous n'avons pu retirer aucun produit susceptible d'être soumis à l'analyse.

Nous examinerons dans une communication ultérieure l'action exercée par les hydracides halogénés sur les cyanates et les sulfocyanates des radicaux *polyatomiques*.

(1) Le sulfocyanure d'isopropyle $\left.\begin{matrix}CAz\\C_3H_7\end{matrix}\right\}S$, que nous décrirons dans une communication ultérieure, en même temps que d'autres combinaisons isopropyliques sulfurées, se comporte à peu près de la même manière que les autres sulfocyanures avec les hydracides halogénés ; il donne avec l'acide iodhydrique un produit cristallin ; seulement son bromhydrate forme une masse amorphe d'un aspect vitreux.

Enseignement agricole supérieur. — La commission nommée l'année dernière pour donner son avis sur l'organisation projetée de l'enseignement agricole supérieur a, dit-on, terminé ses travaux. Voici quelles ont été ses résolutions, d'après des renseignements qui paraissent exacts.

Elle serait d'avis de laisser à l'école de Grignon son ancien caractère d'école régionale, et de créer à Paris un institut agronomique, où seraient établies seize chaires *nouvelles, portant* les désignations suivantes : 1° mécanique ; 2° physique et météorologie ; 3° chimie ; 4° botanique ; 5° zoologie ; 6° minéralogie et géologie ; 7° histoire de l'agriculture et agriculture comparée ; 8° législation et droit rural ; 7° génie rural ; 10° agriculture générale ; 11° sylviculture ; 12° viticulture ; 13° arboriculture ; 14° technologie ; 15° économie rurale et statistique agricole ; 16° zootechnie,

Petite planète et comète de Encke. — M. Coggia, un des observateurs de l'Observatoire de Marseille, vient d'y découvrir la 100ᵉ petite planète dont il a calculé les positions. M. Barelli, attaché au même établissement, y a observé presque en même temps le retour de la comète d'Encke. MM. Coggia et Barelli ont été nommés aides-astronomes. On se souvient que ces deux jeunes observateurs sont ceux qui avaient déjà découvert plusieurs autres petites planètes à l'Observatoire de Marseille, et que M. Le Verrier refusait obstinément de nommer, en annonçant ces découvertes à l'Institut comme une œuvre impersonnelle *de l'Observatoire*.

Société médico-psychologique. — Prix Aubanel. — La Société médico-psychologique de Paris met au concours pour le prix Aubanel la question suivante : Des aliénés dangereux et des mesures à prendre à leur égard. Y a-t-il des aliénés non dangereux ? En cas d'affirmative, quelles dispositions nouvelles faut-il leur appliquer ? — Ce prix sera de la valeur de 800 francs. Les mémoires devront être adressés avant le 31 décembre 1869 à M. le docteur Loiseau, secrétaire perpétuel de la Société.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 36 8 AOUT 1868

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS.

SESSION DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN.

M. R. VIRCHOW
Correspondant de l'Institut de France,
Membre de la chambre des députés de Prusse.

Des progrès récents en pathologie.

Le but principal de ce discours est de vous montrer que je *n'ai pas* voulu me borner à former des vœux pour autrui, en souhaitant, à notre récente réunion de Hanovre (1), que les savants de chaque spécialité se rapprochent de leurs collègues des autres sections dans les assemblées générales, mais que je veux aussi contribuer moi-même à ce rapprochement *autant que cela* m'est possible.

Le sujet que je vais aborder est peut-être le plus difficile de tous ceux qui ont été traités ici d'une manière analogue, puisque toutes les branches de la science se rapprochent plus l'une de l'autre que de la médecine, et surtout de la pathologie. Il m'est impossible d'embrasser ici complétement les nombreux progrès faits dans ces derniers temps en pathologie, car il me faudrait exposer pendant des heures entières toutes les connaissances préalables, qui sont, je crois, étrangères aux membres des autres sections. Singulier phénomène dans l'histoire de la science ! Il n'y a pas longtemps encore que la médecine supposait toutes les autres sciences; elle les comprenait toutes : le médecin était en effet le *physicus* (le savant dans les sciences de la nature, φυσις); il ne lui reste maintenant que le titre (2). C'est le contraire qui est devenu vrai aujourd'hui : les représentants de la physique proprement dite, et de toutes les sciences qui s'en rapprochent, regardent avec hauteur la pathologie et la médecine, et ils contribuent beaucoup à maintenir dans le monde extra-médical des préjugés qui, à mon avis, ne sont pas fondés. Cela tient en partie à ce que les représentants des autres sciences croient pouvoir modérer leurs exigences et être indulgents entre eux, tandis qu'ils ne pardonnent rien aux médecins, et ils exigent d'eux la connaissance complète de toutes les autres sciences. Ils n'apprécient pas suffisamment les difficultés de nos recherches, qui vont toujours en augmentant, tandis qu'ils exigent que nous apprécions celles de leurs sciences. S'il en était autrement, la médecine n'aurait pas manqué de ce secours dont elle a besoin pour marcher de pair avec les sciences ses sœurs. Je le dis pour engager les membres des autres sections à s'occuper un peu plus des choses qui regardent leur propre corps, et qu'ils peuvent traiter au moins aussi scientifiquement que les sujets de leurs études ordinaires.

Notre but dans la pathologie, et principalement le mien propre, ne se borne pas à la *cellule*, dont M. le professeur Wundt a parlé (1). Il est vrai qu'il y a une dizaine d'années à peu près, j'ai demandé que les médecins ne s'occupent pas exclusivement de l'ensemble de l'économie humaine, mais qu'ils s'occupent aussi de ses parties, et surtout de celles qui apparaissent comme les derniers éléments *indépendants* (*die letzten selbstständigen Glieder*).

Mais même à cette époque je n'ai aucunement dit que la cellule devait être le but unique de nos études, et je n'ai jamais voulu exclure de la pathologie les recherches physiques. Au contraire, en attirant l'attention sur la cellule, j'ai eu précisément pour but d'engager les savants à préciser exactement tout ce qui se passe dans l'*intérieur* de la cellule; en d'autres termes, à découvrir les phénomènes physiques et chimiques qui servent de base à l'activité vitale de la cellule.

Plus les recherches dans les autres sciences se sont multipliées, plus nous sommes obligés de développer l'étude des lois physiques et mécaniques. Néanmoins je répète encore aujourd'hui qu'en pathologie ces recherches doivent toujours se faire dans les éléments les plus déliés de l'organisme dont se compose le corps humain. Si loin que nous puissions pénétrer dans la connaissance des phénomènes physiques et chimiques qui se passent à l'intérieur de la cellule, ce sera toujours la cellule qui sera la base et le fond essentiel de nos conceptions médicales. C'est dans la cellule que se présente à nous une certaine *manifestation uniforme* des phénomènes vitaux; c'est donc elle qui se montre à nous comme l'expression des fonctions uniformes de la vie.

Pour rendre plus clair par un exemple ce que je viens de dire, rappelons-nous sur quoi M. de Pettenkofer a insisté dans la séance précédente (2). L'hygiène publique (*öffentliche Gesundheitspflege*) doit se baser sur des recherches physiques et chimiques; M. de Pettenkofer n'avait pas tort d'émettre l'idée que l'hygiène publique pourrait bien souffrir de son attache à la médecine légale (*Staats-arzneikunde*). C'est la question que l'on pose relativement à la médecine en général. Eh bien, je partage complétement, il est vrai, la satisfaction

(1) Voyez notre tome III, page 160, 27 janvier 1866.
(2) Il y a en Allemagne des médecins qui portent le titre de *Staatsphysicus*. (*Note du traducteur.*)

(1) Le discours de M ... hainement dans la *Revue*.
(2) Le discours ... ra prochainement dans la *Revue*.

qu'éprouve M. de Pettenkofer de ce que dans trois universités bavaroises l'hygiène publique a été confiée aux professeurs de chimie, de sorte qu'au lieu de l'union personnelle avec la médecine légale qui existait auparavant, on a établi une union personnelle avec la chimie. Mais, je ne suis pas d'accord avec lui, quand il trouve désirable que l'hygiène publique soit partout une dépendance de l'enseignement de la chimie. Je considère, au contraire, comme très-utile qu'elle reste unie à la médecine légale. Il est convenable et naturel que les médecins nommés par l'État pour veiller sur les intérêts publics puissent soigner ces intérêts aux deux points de vue qui touchent la santé publique. On ne peut cependant pas nier que de nos jours les professeurs de chimie ne soient, sous beaucoup de rapports, mieux instruits sur ce qui est utile à la santé publique que certains professeurs de médecine; — je ne veux pas le cacher, — et j'en conclus que les derniers doivent savoir mieux la physique et la chimie. Je demande d'eux ce que je demande de tous les médecins. Je désire, en effet, qu'ils apprennent tous davantage. Je désire que l'on apprenne mieux dans les universités ces deux sciences qui sont la base la plus importante non-seulement de la médecine, mais en général de toutes les conceptions, de toutes les idées et de toutes les sciences. Je vais même plus loin, je prétends que, tant que l'étude de la physique et de la chimie sera bornée à l'enseignement universitaire, on n'arrivera jamais à ce résultat que chacun soit bien instruit dans ces deux sciences. Je demande donc, et j'y reviendrai à chaque occasion, que déjà dans nos écoles on organise l'étude de ces sciences d'une manière intelligente. Je ne veux pas dire qu'il faille y employer plus de temps et tourmenter davantage nos enfants, mais je demande seulement qu'on les enseigne mieux, qu'on insiste davantage sur ce qui est le plus important, sur ce qui doit faire la base des conceptions philosophiques de notre époque. Qu'on s'habitue donc à attacher plus d'importance à la *physique* et à la *chimie*, et à ne pas tourmenter les enfants avec la minéralogie et les systèmes de la botanique, mais à leur enseigner de bonne heure les *procédés* de la nature. Les difficultés de la physique et de la chimie ne tiennent qu'à la méthode défectueuse de nos écoles, où l'on n'enseigne pas assez l'art d'*observer*. Il y a très-peu d'hommes qui soient capables de voir les choses *comme elles sont*, d'y reconnaître ce qu'il faut *en effet* voir en elles, leurs qualités véritables, et non pas seulement ce que les idées préconçues y font chercher. Si nous arrivons à ce résultat que les enfants sachent observer sans préjugés, qu'ils apprennent à *voir* dans le sens le plus large du mot, nous leur aurons donné une telle aptitude pour la physique et la chimie, qu'ils pourront sans difficulté continuer ces études à l'université.

Pour revenir, après cette digression, à la question de l'hygiène publique, je crois que de l'aveu de tout le monde, on aura beau y mettre de la physique, de la chimie, de la géologie, de la météorologie, etc., tant qu'on voudra, on aura toujours affaire à l'économie humaine; il faudra toujours tenir compte de l'homme comme du principal élément de la question. On aura beau suivre les procédés de la physique jusque dans l'intérieur de l'homme, on aura beau rechercher la manière dont un agent nuisible épidémique agit sur l'homme, toujours on sera obligé de se dire qu'on s'occupe de l'individu, que l'homme est le but des recherches. De la même manière je crois que dans l'intérieur de l'homme le médecin devra aussi s'occuper de la cellule, car elle a une existence propre, et elle représente dans l'économie de chaque individu ce que celui-ci représente dans l'État.

Voilà ce que j'avais à dire sur la question fondamentale, sur la question du principe.

Mais la pathologie offre une difficulté particulière qui est très-grande. Dans chaque partie du savoir humain qui doit prendre les développements d'une véritable science indépendante, on commence d'ordinaire par mettre en ordre ce qu'on appelle les matériaux de la science. On fait une classification; on fait des divisions générales, que l'on subdivise peu à peu selon les progrès des recherches. Pour un grand nombre de maladies on a commencé de bonne heure à faire des classifications, et ce fut pendant longtemps l'occupation sérieuse des médecins d'arriver à mettre leurs matériaux en ordre aussi complétement que possible. Le siècle passé presque tout entier a été employé à diverses tentatives pour trouver une classification qui puisse servir de base à la science. Même dans notre siècle, les hommes les plus considérables, les chefs des écoles, ont cherché leur plus grande gloire dans la création d'un *système* de pathologie. On a commencé à passer des systèmes artificiels aux systèmes naturels; on a essayé de construire un système qui soit analogue à ceux des autres sciences, mais on n'a jamais réussi à l'établir d'une manière satisfaisante. La pathologie n'est donc pas encore arrivée au but que les autres sciences ont atteint depuis longtemps; elle n'a pas encore de système reconnu comme scientifique et accepté comme base par tous les médecins. Je l'admets sous certain rapport; néanmoins je déclare devant vous avec satisfaction que nous nous sommes émancipés des systèmes, que nous ne considérons pas la classification comme une chose essentielle. Nous l'avons abandonnée, et avec elle nous sommes débarrassés du dernier reste des obstacles que les générations antérieures nous ont légués, je veux parler de l'enseignement dogmatique, de la tradition simple. Nous avons reconnu que certaines idées considérées jusque-là comme fondées sur l'expérience n'étaient qu'un obstacle au raisonnement. Les dogmes sont partout les mêmes; quand ils s'établissent, ils sont l'expression de la conviction générale; mais après quelques siècles ils deviennent des chaînes qui empêchent le développement ultérieur de la pensée. Aucune science plus que la pathologie n'en a subi les conséquences funestes.

En renonçant aux tentatives pour créer des systèmes, nous nous sommes débarrassés des dernières chaînes dogmatiques, et nous sommes devenus libres comme les représentants de toutes les autres sciences naturelles. Je crois même pouvoir rappeler fièrement que la médecine est de nos jours redevenue capable d'être utile à d'autres sciences; elle leur fournit des savants d'une grande autorité, à tel point que la physique allemande a trouvé ses plus illustres représentants parmi les rangs des médecins. La limite qui sépare la médecine pratique des sciences exactes n'est pas aussi nettement tranchée que beaucoup d'entre vous l'imaginent peut-être; il dépend de nous de la faire disparaître. C'est encore un des plus grands avantages de la médecine moderne qu'un grand nombre de ceux qui ont passé de la physique ou de la physiologie à la science pratique ont par là obtenu les plus grands succès, aussi bien dans la médecine pratique que dans leur science spéciale. Je n'ai qu'à rappeler les progrès incroyables faits en ophthalmologie depuis une quinzaine d'années,

ce qui l'ont élevée à la hauteur des plus belles sciences qui existent; ces progrès sont dus en partie à ce que des représentants de la physiologie physique se sont occupés de l'ophthalmologie pratique, ils n'ont pas même dédaigné de servir d'aides aux malades, et ils n'ont pas voulu cesser leurs recherches là où elles ont commencé à être utiles. Ces succès de l'ophthalmologie et le moyen qui les a fait obtenir confirment l'idée de Bacon, que la science doit être utile. Eh bien! messieurs, nous savons tous qu'il n'y a pas de science inutile, que chaque science au contraire aura son utilité. Mais il y a une grande différence, suivant que l'utilité d'un progrès scientifique apparaît seulement après des dizaines d'années, quelquefois même après un siècle, ou que cette utilité éclate au bout de quelques mois : le premier cas se réalise si les hommes de science qui découvrent une nouvelle loi en laissent l'application à une autre personne; c'est le second au contraire, s'ils se donnent la peine, ordinairement moins grande que celle de découvrir la loi, de réfléchir eux-mêmes à la possibilité de tirer de cette loi des avantages pour l'humanité. C'est ce qui a eu lieu pour l'ophthalmologie, qui, en quelques années, a fait plus de progrès que toutes les sciences. Ces progrès sont dus principalement à ce que les hommes de la science *théorique* n'ont pas dédaigné de se faire pour une fois les hommes de la science *utile*.

S'il m'est permis de revenir encore une fois à la cellule, je dirai que c'est en ophthalmologie plus que dans les autres parties de la pathologie que la cellule est le point de départ de toutes les idées. Là, en effet, nous sommes tellement avancés, que nous pouvons observer directement ce qui se passe dans les diverses cellules; que nous pouvons sur le vivant, dans l'œil même, dans le fond de l'œil, observer les diverses métamorphoses des cellules malades; que nous pouvons savoir quel est le nombre des éléments altérés qui déterminent l'état morbide de l'individu, et dont les divers troubles constituent ce qu'on appelle du nom collectif *morbus, maladie*.

En réduisant la maladie à la vie cellulaire, nous rejetons la théorie principale qui dominait la science, et qui rendait la classification nécessaire, savoir, *l'unité des maladies*, l'idée que chaque maladie constitue pour ainsi dire *un être* à part, une forme particulière de l'existence qui aurait pénétré dans l'économie comme un corps étranger ou un être indépendant, et qui pourrait se maintenir à côté des parties du corps. Nous avons abandonné cette idée. Personne ne pense plus à concevoir la maladie et la vie comme deux choses qui marchent ensemble; nous savons au contraire que l'idée de l'existence propre de la maladie, de l'entité morbide, n'est qu'un malentendu, accepté seulement tant qu'on ne connaissait pas encore les *diverses parties malades*, c'est-à-dire les *éléments malades* (les *cellules*), et qu'on ne pouvait pas encore les mettre en évidence. Par une abstraction générale on développait auparavant l'idée plutôt philosophique de l'essence de la maladie, son ontologie, tandis qu'à présent nous trouvons la véritable existence matérielle de la maladie dans les éléments du corps.

Mais à mesure que nous sommes plus à même de démontrer le siége de la maladie, la classification est devenue plus facile. Je dois, en arrivant ici, m'adresser non plus seulement aux savants des autres sections, mais aussi à la conscience de mes collègues. Il faut se convaincre qu'un seul point de vue, une seule manière d'envisager les choses ne peut pas être suffisante dans une science qui offre par elle-même des variétés innombrables de phénomènes. Les processus morbides s'accomplissent toujours dans l'intérieur d'un grand organisme, qui exerce son action *à côté* des parties malades. C'est pourquoi l'aspect général expose de la façon la plus imminente à des interprétations erronées.

Je ne conteste certainement pas le droit légitime des observateurs de rechercher le *sedes morbi* comme le siége anatomique de la maladie; je conteste encore moins le droit de donner des noms anatomiques à un grand nombre de maladies d'après leur siége. Mais je ne peux pas considérer cela comme suffisant. Quoique nous devions beaucoup aux recherches anatomiques, j'ai toujours dit qu'elles ne suffisent pas à elles seules, et que la conception anatomique n'est pas la meilleure manière d'envisager les choses. Il faut cependant se faire une idée exacte de la méthode qu'on doit suivre dans les recherches. La *recherche* doit toujours être anatomique, soit qu'on la fasse au lit du malade, soit qu'on arrive à l'autopsie. Les divers phénomènes, les fonctions elles-mêmes ont pour base un fond anatomique. Chaque espèce de changement que nous observons se produit dans un lieu déterminé du corps; il n'est pas général, mais local; il a son siége et son point de départ. Bien que le symptôme soit au plus haut degré physiologique et vital, nous serons toujours obligés de le ramener à une partie déterminée, de *le localiser dans un certain foyer d'activité*. A ce point de vue, je crois qu'il ne faut pas concevoir la recherche des altérations anatomiques comme si le seul résultat de l'examen anatomo-pathologique devait être de servir de point de départ à la science médicale : non, au contraire, son utilité se prolonge plus loin. Le clinicien lui-même, s'il veut juger physiologiquement, doit revenir à la base anatomique; et, bien que nous demandions que l'on considère la partie anatomique sous un point de vue physique, il est cependant avant tout nécessaire de juger anatomiquement et de rechercher comment les maladies se localisent.

Il est vrai qu'un grand nombre de maladies provoquent des symptômes en plusieurs endroits à la fois, comme si quatre, cinq ou six parties du corps étaient affectées en même temps. Cependant, même dans ces cas, la maladie est locale; jamais la totalité n'est malade. Nous pouvons dire qu'il y a quatre, cinq et six, etc., organes affectés, et alors il nous est impossible de désigner anatomiquement la maladie. Nous n'avons pas de noms anatomiques pour une telle complication. Si nous voulions désigner chaque fois tous les organes qui participent à la maladie, les termes ordinaires n'y suffiraient pas, il faudrait les multiplier énormément. C'est pourquoi on a toujours éprouvé le besoin, d'une part, de désigner les maladies qui n'affectent qu'une seule partie, par un nom tiré de cette partie, et, d'autre part, de trouver beaucoup de dénominations pour les maladies *compliquées* qui ont plusieurs foyers à la fois. Il est évident que le point de vue génétique serait ici le meilleur. Nous arriverions ainsi à l'étude de l'*étiologie*. En effet, quand la cause est connue, tout l'ensemble de la maladie est désignée par cette cause. C'est précisément à cette occasion que je peux vous parler d'un des progrès les plus essentiels faits récemment dans notre science par la découverte de la manière d'agir de beaucoup de poisons, et précisément de certains poisons dont le mode d'action était le moins connu.

Le phosphore est le poison dans lequel le mouvement scientifique contemporain a pris son point de départ pour les recherches anatomiques. On croyait auparavant q[illegible] phore agissait comme caustique sur l'estomac [illegible]

même exceptionnels, et l'on a découvert, par contre, que le phosphore agit autrement, on a trouvé des changements dans l'organisation des cellules. Beaucoup d'organes, dont quelques-uns sont très-éloignés l'un de l'autre, non-seulement l'estomac, qui est attaqué immédiatement, mais aussi le foie, les reins, le cœur, les muscles, offrent les altérations les plus caractéristiques, tellement caractéristiques que leur aspect anatomique seul suffit pour faire soupçonner l'empoisonnement.

Quand on a trouvé que le poison auquel on avait attribué une action locale produit au contraire des altérations dans beaucoup d'organes; quand on a vu que ces altérations étaient *anatomiques*, de celles que l'on distingue facilement à l'œil nu, et qu'on peut ramener facilement et avec certitude aux éléments cellulaires, des points de vue nouveaux se sont présentés sur la manière d'agir de beaucoup de poisons et de substances analogues, qui, introduits par le sang dans les organes, y déterminent les mêmes altérations que le phosphore. Nous avons donc ici des groupes d'altérations qu'on peut ramener à certaines causes. A côté de ces groupes anatomiques, on voit ici des groupes *étiologiques*, des groupes dans lesquels l'altération de chaque organe peut varier selon la nature de cet organe, mais où une cause commune nous autorise à comprendre l'ensemble dans un seul groupe étiologique.

Pour un grand nombre d'autres maladies, on a depuis longtemps employé cette méthode consistant à en faire des groupes, sans savoir quelle en était la cause : par exemple, le choléra, le typhus, la variole, la scarlatine et beaucoup d'autres maladies graves. On croyait d'abord que ces maladies étaient simples, que la scarlatine et la variole étaient des maladies limitées à la peau, le choléra et le typhus des maladies intestinales, etc.; tandis qu'à présent, nous savons que, dans la scarlatine et la variole, un grand nombre d'altérations d'autres organes apparaissent de bonne heure, de même que dans le choléra et le typhus, dont l'action n'est pas non plus bornée à l'intestin. Ce ne sont donc pas des maladies simples d'organes isolés, mais des maladies compliquées, qui constituent des groupes d'altérations, des groupes étiologiques. Cependant nous sommes encore très-arriérés dans la recherche des causes. Nous considérons bien l'ensemble des symptômes du choléra comme une maladie unique, mais ce n'est point parce que nous en connaissons la cause, c'est seulement parce que ces symptômes apparaissent toujours ensemble et toujours d'une même manière : la preuve de l'unité de la maladie est donc ici purement *empirique*. Nous disons : puisqu'il en était toujours ainsi, il en sera de même à l'avenir, sans que nous sachions quel est l'agent nuisible qui agit. Je suis loin de vouloir attaquer ceux qui croient avoir trouvé l'essence du choléra, — je n'ai pas eu l'occasion de contrôler leurs théories ;— je veux seulement dire que c'est l'expérience du passé et la tradition de l'histoire qui ont fait considérer le choléra et le typhus comme des maladies uniques, indépendamment de l'idée qu'on se faisait de leurs causes et de leurs agents.

Cependant cette manière de grouper les symptômes en une unité morbide, pour donner à cette unité un nom appuyé sur une preuve empirique, ne peut être que provisoire. Elle ne peut devenir définitive que par des preuves scientifiques qui mettent en évidence la manière dont s'enchaînent les symptômes. La simple coïncidence des symptômes ne suffit pas pour les considérer comme nécessairement liés entre eux. C'est une lacune dans la médecine, dans la pathologie; c'est leur côté faible que provisoirement. Mais il en est de même dans les autres sciences où l'on emploie la même méthode, c'est-à-dire où l'on réunit empiriquement certains faits pour en former des groupes, en laissant à d'autres le soin d'en rechercher l'interprétation et de déterminer la cause de leur enchaînement. C'est déjà un grand progrès, parfois même un progrès colossal, que d'arriver à former ces groupes empiriques. Si donc il ne se passe pas une année sans que nous découvrions un ou plusieurs de ces groupes que nous présentons comme des maladies nouvellement découvertes, sans que nous arrivions à séparer quelques phénomènes de l'ensemble innombrable des faits complexes pour en constituer des groupes nouveaux, quoique empiriques, il faut avouer que nous sommes, comme les hommes d'autres sciences, sur la bonne voie pour arriver au but, en posant de mieux en mieux les questions que les progrès ultérieurs doivent résoudre. Ce n'est pas en cherchant à établir un système, mais au contraire en nous affranchissant de l'ancienne science et en établissant de nouveaux groupes empiriques, que nous faisons ce qu'on fait dans d'autres sciences, et je dirais même que, sous ce rapport, il y a peu d'analogies plus grandes que celle que la pathologie moderne présente avec la géologie de nos jours. Je les crois toutes les deux dans la même situation. Nous faisons exactement ce qu'on fait dans la géologie : là aussi on introduit de nouvelles divisions dans les périodes géologiques ; on y recherche de nouveaux phénomènes particuliers pour les réunir ensemble, et l'on y élargit ainsi de plus en plus les limites de la science de la formation de la terre et de l'histoire de l'homme. Toutes les deux ne veulent pas de système ; car la géologie actuelle ne se soucie pas plus de système que la pathologie, à ce que je crois du moins : on y est plus modeste, on admet volontiers que la géologie n'est pas encore mûre pour un système, et qu'il est plus instructif et plus utile, pour l'humanité et pour la philosophie, de rechercher d'abord certains groupes qu'on peut observer d'une manière claire et évidente.

Sous un autre rapport encore, on trouve une analogie entre la pathologie et la géologie. En géologie, on ne se borne plus aujourd'hui à observer l'état final des objets dans la profondeur de la terre, mais on s'attache aussi à examiner les procédés *actuels* qu'on observe tant à la surface que dans la profondeur ; on cherche à comprendre le passé par ce qui a lieu *actuellement*, et *vice versâ*. C'est exactement de la même façon qu'agissent les médecins. D'un côté, nous faisons de la paléontologie sur le cadavre, et, de l'autre, nous faisons de la géologie au lit du malade. Ce sont les deux domaines, ce sont les deux méthodes qui se complètent l'une l'autre.

Voilà la situation de la pathologie de nos jours. Je vous prie donc, vous, représentants des autres sciences, de nous considérer comme vos dignes collègues marchant de pair avec vous, de ne pas nous reprocher toujours notre mauvaise méthode, de ne pas croire que nous sommes encore dans les idées de Galien et de sa scolastique; mais de vous convaincre que nous en avons rejeté tout ce qu'il y avait de mauvais, et que nous n'avons conservé que les faits vrais et exacts que l'antiquité nous a transmis en grande abondance. Tout système, tout dogme a été rejeté, et j'espère que vous nous donnerez le salut amical comme à des champions qui combattent avec vous dans le domaine commun de la science.

R. Virchow,
Professeur à l'université de Berlin.

— Traduit de l'allemand par Rabbinovitch. —

MUSÉUM ROYAL DE FLORENCE.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DES CORPS VIVANTS.

COURS DE M. CH. MATTEUCCI
(correspondant de l'Institut).

L'Électro-physiologie (1).

VI

Sommaire. — Polarité secondaire des métaux. — Emploi des électrodes de zinc amalgamé immergés dans une solution saturée de sulfate de zinc pour empêcher les polarités secondaires. — Pouvoir électromoteur secondaire des corps solides de structure capillaire imbibés de liquide. — Pouvoir électromoteur secondaire des nerfs. — Lois de ce phénomène. — Applications à l'électro-physiologie, à l'électrotone et aux expériences de Pflüger.

Nous avons terminé, dans la dernière leçon, l'exposition de tous ces faits d'électro-physiologie qui sont établis rigoureusement par l'expérience et qui ont une grande importance dans cette partie de la physique et de la physiologie. Nous consacrerons la leçon d'aujourd'hui à vous montrer quelques phénomènes d'électro-chimie que nous avons vus se produire aussi dans les nerfs, phénomènes qui ne sont pas des phénomènes vitaux, mais bien des phénomènes physiques très-simples, et dont nous croyons qu'on peut aujourd'hui faire avec certitude l'application aux faits principaux de l'électro-physiologie.

Je n'hésite pas à vous répéter ce que je vous ai dit plus longuement dans la première leçon de ce cours, c'est-à-dire que l'application à la physiologie des lois de la physique et de la chimie, et l'explication des faits physiologiques fondée sur ces lois constituent le plus grand progrès de la science expérimentale moderne.

Permettez-moi de traiter ce sujet, qu'on peut dire presque nouveau, en supposant qu'il n'est pas sans utilité de rappeler à votre esprit quelques faits d'électro-chimie, bien qu'ils vous soient déjà assez connus.

Pour exécuter les expériences dont nous nous occuperons dans cette leçon, nous avons besoin d'un galvanomètre de 24 à 30 000 tours, fort délicat par conséquent et tel qu'on les emploie aujourd'hui pour les études sur l'électricité animale. Ce galvanomètre a les extrémités de son fil en communication avec deux récipients de verre qui peuvent être de formes très-diverses, et dont chacun porte un appendice de flanelle ou de carton, qui se nomme d'ordinaire *coussinet*. Chacune des extrémités du galvanomètre se termine par une plaque de zinc bien amalgamé qui plonge dans un des récipients, remplis tous deux d'une solution saturée et neutre de sulfate de zinc. Comme les deux coussinets sont aussi bien imbibés de ce liquide, il est évident que pour fermer le circuit du galvanomètre, il suffira de rapprocher ces récipients l'un de l'autre jusqu'à ce que les deux coussinets se touchent. Il est clair que s'il y a quelque corps hétérogène, ou dans les plaques de zinc, ou dans les liquides, ou dans les coussinets, comme le galvanomètre est d'une grande délicatesse, on aura, quand les coussinets se toucheront, une déviation de l'aiguille. Au contraire, quand l'expérience est bien préparée, on voit l'aiguille rester parfaitement sur le zéro, et si elle n'y est pas, il y a plusieurs essais à faire à l'aide desquels on ne tarde pas à obtenir la parfaite homogénéité du circuit entier. Les moyens les plus souvent employés consistent à amalgamer de nouveau les lames de zinc, à les couvrir abondamment de mercure, à renouveler le liquide et à laver à plusieurs reprises les coussinets dans le liquide même.

Supposons donc que nous avons notre galvanomètre et ses appendices dans les conditions d'une homogénéité parfaite. Nous devons avoir aussi, pour faire ces expériences, deux autres récipients ou petits verres semblables à ceux qui ont été décrits et qui pourront être pleins, soit de la même solution de sulfate de zinc, soit d'eau légèrement salée. C'est dans ces deux récipients que nous ferons tremper les fils d'une pile de dix à douze petits éléments. On comprend immédiatement que pour soumettre un corps au passage du courant électrique, il suffira de le poser sur les coussinets des récipients que je viens de décrire, et que nous appellerons dorénavant *électrodes* de la pile pour les distinguer des coussinets du galvanomètre. Comme électrodes, nous pouvons aussi employer deux fils de platine fixés horizontalement sur un support et qui se terminent d'un côté dans deux godets pleins de mercure : quand on plonge dans ces godets les deux rhéophores de la pile, on peut faire passer le courant électrique dans un corps quelconque, si l'on a posé ce corps en travers sur les fils de platine. Pour être sûr de l'homogénéité de ces fils, on doit les laver plusieurs fois dans l'eau distillée, puis les essuyer avec du papier, et enfin les chauffer au rouge dans la flamme d'une lampe à alcool.

Je pense qu'il n'était pas inutile de décrire les instruments et les procédés que nous devons employer dans les expériences que je vais maintenant vous exposer.

Je prends un fil de platine de 30 à 40 millimètres de longueur et de 1 à 2 millimètres de diamètre. Je suppose que ce fil ait été bien lavé, essuyé et chauffé au rouge, comme je viens de le dire. Je le pose sur une bande de gutta-percha que je tiens à la main, et je le porte ainsi sur les coussins du galvanomètre, de manière qu'il reste entre les coussins un espace de 15 à 20 millimètres, dans lequel le fil de platine qu'ils portent ferme le circuit. Si le fil de platine est bien propre, comme il doit l'être, l'aiguille du galvanomètre reste à zéro comme lorsque les coussins eux-mêmes étaient en contact. Si, avec le fil de platine, l'aiguille ne reste pas à zéro, il faut continuer à laver, essuyer et chauffer ce fil jusqu'à ce que, en répétant l'expérience, l'aiguille du galvanomètre reste immobile. Alors je transporte le fil de platine sur les coussins électrodes de la pile, et je fais passer le courant électrique par ce fil pendant un temps qui peut être même une fraction très-faible de seconde. Puis, toujours avec la même bande de gutta-percha, je reporte ce fil au contact des coussins du galvanomètre : j'obtiens alors une déviation très-forte, et je vois l'aiguille se fixer pour ne redescendre ensuite vers le zéro qu'avec une grande lenteur. En notant la direction de ce courant, on a trouvé qu'elle est dans le fil de platine en sens contraire à la direction du courant de la pile qui a d'abord parcouru le fil. Le caractère de ces courants, qu'on appelle *courants secondaires*, est d'être dirigé en sens contraire à celui du courant de la pile et d'exiger toujours la présence d'un conducteur liquide ou électrolyte en contact avec le fil de platine, pour que le pouvoir électromoteur secondaire se développe, et pour que le courant secondaire se produise et se maintienne lorsqu'on ferme le circuit sans la pile.

(1) Voyez ci-dessus, pages 377, 457, 505 et 564, numéros des 16 mai, 20 juin, 11 juillet et 1er août 1868.

Ritter et Volta, qui les premiers ont découvert et étudié ce fait, en ont aussi entrevu la cause, qui fut plus tard rendue évidente par les recherches de Becquerel, de la Rive, Nobili, Marianini et par les miennes. Il est aisé de vous faire comprendre la production de l'électricité secondaire dans les circonstances indiquées ci-dessus ; vous savez ce qui arrive quand les électrodes d'une pile sont immergés dans un conducteur liquide comme l'eau salée ou acide. A l'instant où l'on ferme le circuit, les deux électrodes métalliques que je suppose de platine se couvrent de bulles de gaz qui, suivant la force du courant, se produisent en quantité plus ou moins grande. A l'électrode positif, c'est-à-dire celui dont le courant sort pour entrer dans l'eau, il se dégage des bulles de gaz oxygène, et à l'autre électrode, ou entre le courant qui vient du liquide, se développe du gaz hydrogène. Ce n'est pas tout : s'il y a un sel en dissolution dans le liquide traversé par le courant, il se produit autour de l'un des électrodes, en même temps qu'un dégagement d'oxygène, une couche où l'on trouve l'acide de ce sel, et à l'électrode négatif, le métal ou l'oxyde de ce même sel se dégage en même temps que l'hydrogène. Ce sont justement ces phénomènes qui se manifestent aux extrémités de notre fil de platine posé sur les coussins de la pile dès qu'il est traversé par le courant ; car, par les lois de l'électro-chimie, cette décomposition, et ces gaz, et les autres produits électro-chimiques dont nous avons parlé se produisent toujours quand le courant passe du liquide au métal, et *vice versâ*. Par conséquent, à cette extrémité du fil de platine qui est tournée vers le pôle positif, et dans laquelle entre le courant qui vient du liquide, se développent l'hydrogène et les oxydes métalliques, et à l'extrémité opposée, qui est tournée vers le pôle négatif et dont le courant sort pour entrer dans le liquide, se développe l'oxygène avec les acides : il est donc certain que ce fil de platine, après le passage du courant, a recueilli sur l'une de ses extrémités l'hydrogène et les oxydes, et, sur l'autre, l'oxygène et les acides. Maintenant je puis vous montrer immédiatement, avec un fil de platine que j'ai bien dépolarisé en le chauffant, que si j'ai trempé d'abord une extrémité dans un acide et l'autre extrémité dans une solution de potasse, et qu'après l'avoir ainsi préparé, je le porte comme tout à l'heure au contact des coussins du galvanomètre, j'obtiens aussi un courant électrique dont la direction est donnée par ce fait que le courant va de l'oxyde ou de l'hydrogène du liquide dans lequel le fil est immergé vers l'oxygène et les acides du même liquide. Rappelons-nous maintenant que dans le fil de platine traversé par le courant l'hydrogène et les oxydes se portent, par l'action électro-chimique du courant, sur les extrémités dans lesquelles ce courant entre en sortant du liquide, et que l'oxygène et les acides se produisent à l'extrémité d'où sort l'électricité pour entrer dans le liquide.

Il ne peut donc y avoir de doute sur l'explication des courants secondaires et de la production du pouvoir électromoteur secondaire : ce sont les effets des actions chimiques qui se produisent, quand le courant principal a passé, entre les produits de la décomposition électrolytique recueillis et condensés sur les électrodes métalliques d'un côté et, de l'autre, le liquide avec lequel ils se trouvent en contact.

Je veux vous montrer une expérience qui ne peut laisser aucune incertitude sur cette explication. Vous savez qu'en chimie on emploie certains papiers qu'on appelle réactifs et qui sont teints les uns en bleu par le tournesol, les autres d'une couleur rouge qu'on obtient en trempant le papier bleu dans une solution très-légèrement acide. A peine un acide a-t-il touché le papier bleu qu'il devient rouge, et à peine touche-t-on avec une base ou un oxyde le papier rouge, qu'il devient bleu. Mettons donc entre les coussins et les extrémités du fil de platine un petit fragment de papier rouge sur le coussin qui communique avec le pôle positif, et sur l'autre coussin un fragment de papier bleu. Aussitôt que le circuit est fermé, je vois le papier rouge devenir bleu sous le platine, et à l'autre extrémité le papier bleu devenir rouge. Il est donc prouvé qu'à l'extrémité du fil de platine par laquelle entre le courant, il se développe une base, et qu'à l'autre par laquelle le courant sort, il se développe de l'acide.

Il restait à expliquer la polarité secondaire dans le cas où le liquide des coussins sur lesquels pose le fil de platine n'est pas une solution saline, mais de l'eau pure, parce que, dans ce cas, nous ne pouvons plus avoir sur les extrémités du fil ces acides et ces oxydes développés par le courant, par suite desquels nous avions vu se produire de l'électricité. Avec l'eau pure, les produits de la décomposition électro-chimique sur le platine ne peuvent être que du gaz hydrogène sur l'extrémité par laquelle entre le courant, et de l'oxygène sur celle par laquelle il sort. J'ai fait, il y a trente ans, une expérience qui montre clairement comment le courant secondaire se produit dans ce cas. Voici un fil de platine bien dépolarisé dans la flamme : je l'introduis par une extrémité dans une éprouvette pleine de gaz hydrogène, et par l'autre dans une éprouvette de gaz oxygène. Après avoir laissé quelques instants ce fil en contact avec les gaz, si je le porte ensuite sur le galvanomètre, j'obtiens un fort courant électrique dont la direction est telle que j'en dois conclure que le courant va de l'hydrogène au liquide et du liquide à l'oxygène ; de sorte que l'effet de l'hydrogène est semblable à celui d'une base. En d'autres termes, l'hydrogène, fortement condensé comme il l'est en effet sur le platine, agit chimiquement sur l'eau pour en extraire l'oxygène, et, au contraire, l'oxygène condensé tend à décomposer l'eau et à se combiner avec l'hydrogène qu'elle lui fournit. C'est sur ces actions que se fonde l'ingénieuse pile à gaz découverte depuis par Grove.

Puisque je vous ai fait voir les principaux phénomènes des polarités secondaires, je ne veux pas vous laisser ignorer une expérience qui a trouvé une application fort utile dans les recherches d'électro-physiologie dont nous nous occuperons une autre année en parlant de la production de l'électricité chez les animaux.

Répétons l'expérience que nous venons de faire avec un fil de platine ; mais employons au lieu de ce métal un fil de zinc bien amalgamé, et mettons au lieu d'eau salée, dans les verres et sur les coussinets, une solution saturée et neutre de sulfate de zinc. Alors, si je fais passer le courant et que je porte comme d'ordinaire le fil de zinc sur les coussinets du galvanomètre, nous voyons l'aiguille rester immobile. Donc, de cette façon, il n'y a donc pas de polarité secondaire, et vous comprendrez facilement pourquoi. Il est vrai que l'extrémité du fil de zinc par laquelle entre le courant se couvre de zinc métallique par la décomposition électro-chimique du sulfate de zinc ; mais ce zinc, à mesure qu'il se produit, s'amalgame et ne reste pas libre, et, à l'autre extrémité, l'acide qui se produit se combine et reproduit du sulfate de zinc qui se dissout ; l'hydrogène même qui s'est dégagé en même temps

à l'état d'amalgame. En somme, dans cette décomposition électrolytique les produits électrolytiques disparaissent aussitôt qu'ils se forment ; le liquide et le métal restent sans altération, de sorte que nous n'avons pas les conditions des courants secondaires.

Voici maintenant l'application importante de ces expériences aux méthodes employées en électro-physiologie. Nous étudierons longuement dans un an, s'il plaît à Dieu, l'expérience que je vous montre, et qui consiste à porter sur les coussins du galvanomètre la patte d'une grenouille récemment sacrifiée. Vous voyez immédiatement l'aiguille subir une forte déviation due au courant des muscles vivants de la grenouille, courant qui continue à tenir l'aiguille fortement déviée pendant un grand nombre d'heures. Il y a dix ans, avant de connaître et d'appliquer les propriétés du zinc amalgamé, on ne pouvait obtenir ce résultat. Alors, au lieu des coussins imbibés de sulfate de zinc, on employait deux lames ou fils de platine pour avoir avec certitude un métal bien propre et homogène, qui était pourtant aussi celui qui favorise le mieux le développement des polarités secondaires. Vous voyez, en effet, ce qui arrive quand je porte une patte de grenouille sur les deux électrodes du galvanomètre, qui sont deux fils de platine d'abord bien dépolarisés. A peine la patte touche-t-elle les électrodes, que l'aiguille dévie comme dans l'autre expérience; mais ensuite, si je laisse le circuit fermé, je vois la déviation diminuer très-rapidement et l'aiguille revenir presque à zéro. L'aiguille revient au zéro parce que les polarités secondaires se développent dans le platine, et tendent à engendrer un courant en sens contraire de celui qui est dû au muscle. Pour prouver qu'il en est ainsi, j'enlève le muscle et je pose un papier humide sur les platines, aux points qui d'abord étaient touchés par le muscle, et j'ai aussitôt une déviation en sens contraire, qui est celle des polarités secondaires. Voilà pourquoi, en employant comme on le fait aujourd'hui pour les électrodes du galvanomètre le zinc amalgamé et des coussins imbibés d'une solution saturée et neutre le sulfate de zinc, j'obtiens, dans les animaux préparés que e porte sur ces coussins, des courants plus forts et plus persistants, attendu que de cette manière il ne se produit pas de ourants électriques secondaires.

Après avoir ainsi exposé de mon mieux la production des olarités secondaires dans les cas connus, il est temps que ous passions aux applications de ces polarités à l'électro-phyologie.

Il était très-naturel de supposer qu'en refaisant l'expérience ie j'ai exécutée tout à l'heure, mais en employant, au lieu 1 fil de platine, un cordon trempé dans l'eau salée, un cylin-re d'argile imbibé du même liquide, un morceau d'une sub-ance végétale ou animale quelconque à l'état de fraîcheur, mme des tranches de pomme de terre, de citrouille, des ;es de salade, des muscles, des vessies, des nerfs, on obtien-ait des phénomènes électriques secondaires plus faibles, is de même nature que ceux qui sont produits par le pla-e. En effet, on pourrait supposer que dans le passage du irant d'un liquide à l'autre, et même d'une particule à itre de ces solides de structure capillaire, il devrait y avoir décomposition électrique, et par suite que les produits cette décomposition seraient recueillis aux points où il y it contact entre des liquides de nature différente et de

En faisant ces recherches, je puis employer pour électrodes de la pile deux fils de platine ou deux petits verres avec les coussins ordinaires, et ces verres peuvent être remplis d'une solution de sel marin, ou mieux d'une solution de sulfate de zinc, pour que tout soit homogène. Je ne puis entrer ici dans les particularités minutieuses de ces phénomènes; aussi me contenterai-je de vous en exposer le résultat général qui est celui-ci : dans tous les conducteurs solides de structure capillaire que j'ai cités, le passage du courant qui les traverse développe un pouvoir électromoteur secondaire qui engendre ensuite un courant en sens contraire de celui de la pile dans le corps électrolysé.

La production de ce courant est toujours dû aux mêmes causes, et en effet, en répétant l'expérience que je vous ai déjà montrée avec le platine et les papiers réactifs, on trouve, quand l'expérience a été bien disposée, que l'extrémité du conducteur solide poreux par où sort le courant se couvre d'oxygène et d'acide, comme le faisait l'extrémité correspondante du platine et que l'extrémité par laquelle entre le courant se couvre d'hydrogène et d'alcali. Mettons le corps en cet état dans le circuit du galvanomètre, il donne immédiatement le courant secondaire contraire à celui de la pile sous l'influence des actions chimiques qui se produisent entre les coussins du galvanomètre et les produits de l'électrolysation déposés sur le corps, ou bien directement entre ces produits dans l'intérieur du corps. Dans certains cas, les actions chimiques les plus énergiques ont lieu entre ces produits et le liquide des coussins du galvanomètre. Si les extrémités du galvanomètre sont des fils de platine, comme dans ce cas, il n'y a pas d'électrolyte, ces produits réagissent à travers le conducteur humide. Cette différence, qui a une certaine importance pour la théorie de ces phénomènes, se constate facilement en prenant une bande de carton bien imbibée d'eau salée et en la faisant baigner par un bout dans une solution alcaline et par l'autre dans une solution acide. Si le galvanomètre est terminé par les coussins ordinaires, on verra le courant se diriger immédiatement de l'extrémité baignée par l'alcali au coussin. Mais si les extrémités du galvanomètre sont deux fils de platine, alors il n'y a plus d'action entre l'alcali du carton humide et le liquide du coussin d'une part, entre l'acide et le liquide d'autre part ; le courant sera produit alors par l'action chimique directe de l'alcali et de l'acide à travers le carton.

Vous comprendrez par ce que je vous ai dit combien sont constants et clairs les principes par lesquels ces phénomènes peuvent s'expliquer; mais vous comprendrez aussi que lorsqu'on opère, comme je l'ai fait, sur des tissus végétaux et animaux qui présentent dans leur structure et leur composition chimique de telles différences, il puisse se produire dans la direction des courants des anomalies qui pourtant ne sont qu'apparentes.

Parmi les corps soumis à ces expériences, il était naturel d'essayer aussi les nerfs pris sur des animaux vivants ou tués depuis très-peu de temps. Le résultat obtenu a conduit à des recherches plus minutieuses que celles qui s'étaient faites sur d'autres tissus de nature végétale ou animale, par cette raison que si le nerf, comme les autres tissus, acquérait immédiatement, sous l'influence du passage du courant électrique, le pouvoir électromoteur secondaire, on s'assura en

même temps qu'il possédait cette propriété à un degré bien supérieur à tous les autres corps expérimentés. Pour vous montrer les expériences principales, j'emploie, comme électrodes de la pile, tantôt les fils de platine ordinaire, tantôt les deux coussins imbibés de la solution de sel marin, tantôt deux autres coussins imbibés de la solution de sulfate de zinc comme les coussins du galvanomètre. Je dois dire que, dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur ce sujet, j'ai le plus souvent employé ces derniers coussins pour n'avoir qu'un liquide de la même nature dans tous les coussins.

Ce n'est pas en une leçon que je puis vous entretenir d'une façon détaillée de toutes les expériences qui ont été faites ; je dois, par conséquent, me borner à vous exposer les principales et à vous citer les résultats généraux.

Je prends sur un poulet ou sur un lapin qui vient d'être tué le nerf sciatique, long au moins de 60 à 80 millimètres. Je suppose déjà faite l'expérience par laquelle je puis m'assurer que ce nerf, porté sur les coussins du galvanomètre sans les toucher par les sections internes et étant à égale distance des deux extrémités, ne donne aucun signe de courant électrique. Je prends donc ce nerf, et je le pose sur les électrodes de platine, de manière que la longueur parcourue par le courant entre les électrodes soit de 25 ou 30 millimètres, et que deux bouts du nerf, longs l'un et l'autre de 15 ou 20 millimètres, restent pendants en dehors des électrodes. Alors je fais passer le courant d'une petite pile de huit ou dix éléments pendant un temps qui peut ne pas dépasser une fraction de seconde, et que d'ordinaire je fais durer de trente à soixante secondes. Après ce passage, je mets le nerf sur la feuille de gutta-percha, et je le porte rapidement sur les coussins du galvanomètre. Aussitôt j'ai une forte déviation qui peut faire parcourir à l'aiguille le cadran tout entier, selon la durée du passage et la force de la pile, et qui, pour toute la partie du nerf située entre les pôles, et par conséquent parcourue par le courant, indique *un courant contraire au courant de la pile*. Je trouve aussi des indices d'un courant en touchant hors des pôles, c'est-à-dire entre les points du nerf qui étaient au contact du pôle négatif ou du pôle positif, ou qui en étaient voisins, ou les points plus éloignés ou neutres qui n'avaient pas été sur le chemin du courant de la pile. Dans ces parties placées en dehors des électrodes, les courants secondaires ont la même direction que le courant de la pile, et l'expérience a prouvé que le courant secondaire le plus fort est toujours celui du bout du nerf qui était au delà du pôle négatif. On a aussi reconnu qu'en prolongeant longtemps le passage du courant, ou en employant un courant moins fort, les courants secondaires obtenus dans les parties extérieures finissaient tous par avoir la même direction que le courant intermédiaire, c'est-à-dire par être sur tous les points, et entre les électrodes et au dehors, contraires au courant de la pile. Si nous nous rappelons ici les principes connus de l'électro-chimie, c'est-à-dire qu'il y a toujours un courant électrique produit au point de contact entre une base et un acide, entre l'eau et l'acide, entre la base et l'eau, qui va directement de la base à l'acide, de l'eau à l'acide, de la base à l'eau, nous comprendrons sans peine comment ces courants secondaires se développent dans les nerfs après qu'ils ont été traversés par le courant électrique, du moment que nous savons qu'au contact des électrodes les nerfs recueillent les produits de l'électrolysation.

Je vous exposerai maintenant les résultats particuliers qu'on a obtenus en étudiant plus au long ces phénomènes dans les nerfs. Il n'est pas nécessaire que le nerf soit frais ou pris sur un animal qui vient d'être tué pour qu'il acquiert la polarité secondaire : pourvu qu'il soit humide et intact, on obtient ces effets, même sur le nerf d'un animal mort depuis un assez grand nombre d'heures ; on les obtient avec un nerf qui est resté quelques minutes dans un tube de verre plongé dans un mélange réfrigérant ; on les obtient d'un nerf qui a été plongé pendant plusieurs minutes dans l'eau à + 40 degrés centigrades. Ils se produisent ou se conservent mieux dans les gros nerfs des animaux à sang chaud que dans ceux des grenouilles. Ce pouvoir électromoteur secondaire dure pendant plusieurs heures, et il ne suffit pas, pour le faire disparaître entièrement, de plonger le nerf dans l'eau.

Le seul moyen qu'on ait pour détruire complétement cette propriété consiste à comprimer fortement le nerf entre deux lames de verre ou à le presser contre un corps dur avec une lame de couteau, de manière à en altérer complétement la structure. On obtiendrait les mêmes résultats en plongeant le nerf dans l'eau bouillante ou dans les acides et les alcalis énergiques. Dans tous ces cas, la structure et la composition chimique du nerf sont transformées, et le nerf n'est *plus apte* à produire les courants secondaires, par conséquent *il* n'a plus ces propriétés qui se montrent si distinctement dans le nerf intact.

J'ai cherché à reconnaître autant que possible la cause de cette propriété singulière des nerfs qui est liée spécialement à leur structure, et, sans prétendre l'avoir trouvée, je veux pourtant vous montrer un phénomène qui nous met sur la voie.

Je prends un morceau de carton, de craie *humide*, de citrouille ou de pomme de terre, et je cherche quel est le courant secondaire que j'obtiens dans ces corps ; en répétant plusieurs fois l'expérience, j'arrive bientôt à avoir une mesure assez exacte du phénomène. J'introduis alors à l'intérieur de ces corps, dans le sens de leur axe, ou même je pose sur ces corps, soit un fil de platine ou d'un autre métal, soit un petit cylindre de graphite ou de coke. Je répète les expériences, et je trouve toujours le courant secondaire dans le sens accoutumé, c'est-à-dire toujours contraire à celui de la pile, mais bien plus intense qu'il ne l'était dans ces mêmes corps avant l'adjonction du fil métallique.

Je m'empresse de vous montrer que cette différence n'est pas due au fil métallique comme corps conducteur, ainsi que la théorie le fait facilement comprendre. En effet, si l'on a un galvanomètre dans le circuit de la pile, on ne trouve pas de différence sensible d'intensité selon que le fil de platine est ou n'est pas dans le circuit durant l'électrolysation ; on reconnaît aussi que le courant secondaire n'augmente pas si l'on met le fil de platine sur le corps déjà électrolysé avant de le porter sur les coussins du galvanomètre. La résistance de ces circuits est assez grande pour que le fil de platine ne puisse lui faire subir aucune déviation sensible.

Il n'est pas difficile de s'assurer que des produits recueillis sur les deux moitiés de ce fil, c'est-à-dire depuis ses extrémités jusqu'à son milieu en quantité décroissante, sont la cause de cette différence. En effet, tandis que les points du conducteur humide touchés par l'électrode se chargent l'un d'acide et d'oxygène, l'autre d'hydrogène et d'alcali, les points du conducteur même, au contact du fil de platine intermédiaire, se chargent également de produits de nature opposée ; c'est-à-dire que près de l'alcali et de l'hydrogène dus à

sur la moitié du fil de platine par où sort le courant, et que près de l'oxygène et de l'acide de l'autre électrode se trouvent l'hydrogène et l'alcali de l'autre moitié du fil de platine par où entre le courant. Il est évident que, par cette disposition, le pouvoir électromoteur secondaire et le nombre des couples secondaires, engendrés pour ainsi dire par le passage du courant, sont fortement accrus, et cela à cause de la présence du fil métallique intermédiaire.

On peut donc considérer comme fondée sur un certain degré d'analogie la supposition que le pouvoir électromoteur secondaire, qui est d'une intensité si remarquable dans les nerfs par rapport aux autres tissus organiques, provient de la structure du nerf, et, pour parler avec plus de précision, de ce qu'il y a dans le tube nerveux un cylindre fin, ce que l'on appelle le cylindre-axe, qui est doué, comme nous l'apprend la physiologie, des propriétés physiologiques les plus essentielles du nerf, et qui, très-probablement, possède pour l'électricité une conductibilité plus grande que celle de la matière grasse qui l'enveloppe.

Quoi qu'il en soit, n'oublions pas qu'un nerf, soit intact et vivant, soit pris sur un animal récemment tué, ou plusieurs heures après la mort et quand toute trace d'excitabilité a déjà disparu depuis longtemps, si on le soumet au passage d'un courant électrique même très-faible et pendant une fraction minime de seconde, acquiert sur tous ses points un pouvoir électromoteur secondaire tel que, touché ensuite sur deux points avec les coussins du galvanomètre, surtout dans le voisinage des points qui avaient été touchés par les électrodes de la pile, il développe un courant électrique qui tient l'aiguille déviée pendant longtemps, et qui circule dans le nerf suivant une direction contraire à celle du courant de la pile qui a excité ce second courant. Cette propriété, si marquée dans le nerf, dépend essentiellement de sa structure, et l'analogie nous permet de supposer que cette structure est jusqu'à un certain point représentée, comme nous l'avons vu dans les expériences que je vous ai décrites, par un fil métallique introduit dans l'axe d'un petit prisme formé par un conducteur humide de structure capillaire, fil sur lequel se déposent en abondance les produits de l'électrolysation, ainsi que le prouvent les papiers réactifs.

Et pour en venir maintenant aux applications qu'on peut faire à l'électro-physiologie du pouvoir électromoteur secondaire des nerfs, je n'ai qu'à vous rappeler les expériences que nous avons faites tant de fois sur la grenouille préparée, coupée par le milieu du corps et mise à cheval sur deux verres dans lesquels trempent les électrodes de la pile. Nous savons que, dans cette expérience, qui est la plus commode pour montrer les différences qui se produisent dans l'excitabilité des nerfs sous l'action continue d'un courant électrique suivant que ce courant est *direct* ou *inverse*, on obtient, après le passage de quinze, vingt ou trente minutes au plus, à l'ouverture du circuit, une contraction plus ou moins forte seulement dans le membre qui a été parcouru par le courant inverse, c'est-à-dire dans une direction contraire à la ramification des nerfs, et que le nerf direct n'est plus excité ou est excité faiblement et seulement à l'entrée du courant. Nous savons aussi que la contraction du membre inverse est d'autant plus forte que le passage du courant a duré plus longtemps et que son intensité a été plus grande. Nous savons enfin que souvent cette contraction devient un véritable état qui cesse dès que le courant recommence à passer sans interruption. Il est bon aussi de ne pas oublier le fait fondamental de l'électro-physiologie, à savoir que le premier cas d'excitation des nerfs mixtes par un courant électrique aussi faible que possible, est celui de l'excitation et de la contraction correspondantes éveillées au commencement d'un courant direct.

Il est donc conforme aux bons principes de la philosophie naturelle de tenir compte, lorsqu'on veut expliquer la contraction provoquée dans le membre qui a été parcouru par le courant inverse, du courant secondaire qui se décharge immédiatement après l'ouverture du circuit, et qui naturellement est direct dans le nerf qui avait été parcouru auparavant par un courant inverse. Puisque ce pouvoir électromoteur secondaire se dissipe après un certain temps, il convient aussi d'admettre qu'il donne lieu à des courants ou décharges partielles qui peut-être circulent dans les différentes parties des nerfs en raison de leurs différences de conductibilité et de structure.

On pouvait aussi supposer, et l'expérience n'a pas tardé à le confirmer, que le pouvoir électromoteur secondaire engendré dans les nerfs par le passage du courant n'avait pas la même force sur tous les points, et qu'il variait aussi selon que les points touchés étaient voisins du pôle positif ou du négatif.

Je ne puis me dispenser de vous montrer avec quelque développement l'expérience et la méthode opératoire par laquelle j'ai rendu ces différences évidentes.

Voici une pile formée d'un certain nombre de lames métalliques dont chacune est composée d'une petite plaque de cuivre soudée à une petite plaque de zinc : ces couples de Volta sont tous unis entre eux par une bande de flanelle et sont disposés dans le même ordre. Il est évident que pour faire de ce ruban une pile, il suffira de le plonger dans l'eau salée de manière que la flanelle s'en imbibe. Alors, si l'on étend le ruban sur la table et si l'on en touche les extrémités avec les mains humectées, on éprouve les effets de la secousse et l'on obtient aussi les effets de la pile; par conséquent, on obtient aussi la déviation de l'aiguille du galvanomètre, si l'on touche avec les extrémités de l'instrument celles de cette pile. Remarquez maintenant ce qui arrive quand je replie cette pile sur elle-même par le milieu, et qu'avec les fils du galvanomètre je touche les deux extrémités de la pile ainsi repliée : je n'ai plus aucun signe de courant électrique. En effet, on peut supposer que de cette façon entrent ou tentent d'entrer dans le galvanomètre deux courants égaux et de direction opposée. C'est la même chose qui arrive quand je prends deux couples voltaïques, que je mets les deux cuivres en communication ensemble et les deux fils du galvanomètre en contact avec les deux zincs, ou *vice versâ;* il n'y a plus et il ne peut y avoir de courant qui circule dans le galvanomètre. Mais si l'un de ces couples voltaïques était formé d'une plaque de fer et d'une plaque de cuivre, tandis que l'autre couple serait de zinc et de cuivre, comme la force électromotrice de ce second couple est beaucoup plus grande que celle du premier, si nous les mettons, ainsi que je l'ai supposé, *en opposition*, nous obtenons dans le galvanomètre un courant qui s'appelle *différentiel* et qui est dû au couple plus fort de zinc et de cuivre. C'est cette méthode (qui peut s'appeler différentielle) que j'ai introduite avec grand profit dans toutes les

recherches d'électro-physiologie, et qui a l'avantage de pouvoir déterminer avec certitude les différences de force électro-motrice de deux éléments voltaïques indépendamment des différences de conductibilité des deux éléments.

Veut-on découvrir si deux nerfs égaux, par exemple les deux nerfs sciatiques d'une grenouille ou d'un poulet, acquièrent, quand le même courant les parcourt, des pouvoirs électromoteurs secondaires inégaux, il suffit, après les avoir assujettis au courant, de les placer sur la feuille de gutta-percha l'un à la suite de l'autre, mais en intervertissant la position d'un de ces nerfs relativement à la position qu'ils occupaient pendant le passage du courant. En faisant et en variant ces expériences, on reconnaît bien vite que le nerf parcouru par le courant inverse, et surtout la partie plus rapprochée du pôle positif par laquelle entrait le courant, est celle qui a acquis un pouvoir électromoteur secondaire beaucoup plus fort que l'autre partie, et que, par conséquent, lorsqu'on ouvre le circuit, la première est sujette aux décharges ou courants induits secondaires. Or ces décharges ou courants directs se produisent en effet dans le nerf inverse dès qu'on ouvre le circuit. Je puis aussi vous le prouver sans avoir recours au galvanomètre, et d'une manière peut-être plus instructive, quand on veut ensuite recourir au courant secondaire pour expliquer les phénomènes électro-physiologiques qui se produisent à l'ouverture du circuit. Voici un poulet préparé exactement comme la grenouille, c'est-à-dire que les deux jambes sont unies à un morceau du bassin par leurs nerfs sciatiques, à travers lesquels je fais passer pendant vingt ou trente minutes un courant électrique. Préparons alors rapidement plusieurs grenouilles galvanoscopiques portées comme d'ordinaire sur la feuille de gutta-percha, et mettons leurs nerfs pendants dans le voisinage des deux nerfs du poulet. Au moment même où l'on ouvre le circuit de la pile, on met les nerfs des grenouilles galvanoscopiques en contact avec les nerfs du poulet qui ont été polarisés par le courant, et l'on obtient de fortes contractions dans les grenouilles dont les nerfs touchent le nerf du poulet qui a été parcouru par le courant inverse, et surtout les points de ce nerf, qui sont plus rapprochés de leur insertion dans les muscles de la jambe.

Nous pouvons donc le répéter sans aucune hésitation : la découverte du pouvoir électromoteur secondaire qui se développe fortement dans les nerfs, sans cesser d'être un phénomène électrolytique commun, nous offre une manière simple d'expliquer un phénomène électro-physiologique jusqu'ici fort obscur, ou, en d'autres termes, de rattacher la contraction qui se produit dans un membre parcouru par le courant inverse aux décharges ou courants secondaires qui parcourent à cet instant le nerf de ce membre dans la condition voulue pour déterminer plus facilement la contraction.

Il y a encore un autre fait d'électro-physiologie qu'on doit aujourd'hui expliquer, à ce qu'il me semble, par le principe qui donne naissance aux polarités secondaires des nerfs.

M. du Bois-Reymond, physiologiste de Berlin, a observé, il y a plusieurs années, que si l'on dispose un nerf pris sur un animal vivant de manière qu'il touche par deux points les coussins du galvanomètre, et par deux autres points pris en dehors des premiers, les deux électrodes d'une pile ; il a, dis-je, observé qu'à l'instant où l'on ferme le circuit, il se produit dans le galvanomètre un courant qui est toujours dans le même sens que le courant de la pile, et qui continue à circuler autant que celui de la pile.

Il est à peine nécessaire de vous dire qu'un tel phénomène avait fait naître de grandes espérances chez les physiologistes, qui pensaient pouvoir expliquer, dans tous les cas, comme effets d'un courant électrique, les effets produits par les excitants sur les nerfs.

Dès mes premières recherches sur ce phénomène, qui fut appelé *électrotone*, je m'assurai qu'il était indépendant du degré d'excitabilité du nerf et qu'on l'obtenait alors même que le nerf avait absolument perdu toute excitabilité. Mais l'électrotone aussi exige, pour se manifester, que le nerf soit intact; et pour montrer mieux les analogies qui existent entre l'électrotone et les polarités secondaires, je rappellerai que, bien que l'on connaisse d'autres corps, par exemple une tranche de matière cérébrale, d'ovaire ou de vessie, qui *donnent* l'électrotone, ce phénomène se produit cependant dans le nerf avec une intensité bien plus considérable que dans tous les autres corps.

Nous avons déjà vu, en étudiant le fait fondamental des polarités secondaires des nerfs, qu'on obtient aussi des courants secondaires en touchant les points du nerf extérieurs au courant et voisins de ceux qui touchent les électrodes de la pile ; et nous avons vu aussi que dans ces parties, *qui sont* celles où se produit l'électrotone, les courants sont, *en effet*, dirigés dans le même sens que les courants de la pile.

On saisit aussi d'autres analogies entre l'électrotone et les polarités secondaires, si l'on remarque qu'à mesure que le passage du courant se prolonge, c'est-à-dire quand les polarités secondaires deviennent plus fortes et plus persistantes, alors on voit aussi l'électrotone persister après que le courant de la pile a cessé de passer. Et comme nous savons que, pour développer les polarités secondaires, il *suffit d'un passage* presque instantané du courant, il n'y a pas de difficulté à comprendre comme nous le faisons, que l'électrotone soit produit presque immédiatement après la fermeture *du circuit*, et cette explication est d'autant plus légitime, qu'on peut dire qu'en effet la production du courant de l'électrotone n'est pas absolument instantanée, mais se manifeste et s'accroît rapidement après la fermeture du circuit de la pile.

Je suis heureux de pouvoir vous montrer aujourd'hui une expérience tout à fait concluante, qui ne laisse plus dans l'esprit aucun doute sur cette façon d'expliquer l'électrotone. J'ai fait recouvrir de deux couches de fil de chanvre ou de coton un fil de platine long d'un mètre et dont le diamètre est d'un millimètre ; j'ajoute aussitôt que j'ai aussi préparé de la même manière un fil dont le diamètre n'atteignait pas un centième de millimètre. Je trempe ces fils dans l'eau salée, puis je les dispose comme dans l'expérience pour *l'électrotone*, c'est-à-dire qu'une de leurs extrémités porte sur les deux coussins du galvanomètre, séparés l'un de l'autre par une distance de 20 à 25 millimètres, tandis que l'autre porte sur les électrodes de la pile ou sur des coussins communiquant avec ces électrodes. Il est inutile de dire que l'expérience est disposée avec toutes les précautions nécessaires. Pourtant ce courant de la pile est à peine fermé qu'on obtient un fort courant d'électrotone, même à la distance de 30, 40, 60 centimètres et plus des électrodes de la pile.

Si au fil de platine ainsi recouvert on applique les papiers de tournesol de manière à voir ce qui arrive sur les points touchés par les électrodes et au dehors de ces points, on ne tarde pas à avoir une preuve évidente de l'origine des courants en dehors des pôles. En effet, tandis que sous l'élec-

dents de réaction alcaline indiquant des points où le courant entre dans le métal, tandis qu'à l'autre pôle, il y a, immédiatement en contact, des signes d'alcali et d'hydrogène, et en dehors, sur la couche de fil qui enveloppe le fil de platine, des signes d'oxygène et d'acide ou d'un courant qui sort de ce fil. Mais voici l'expérience qui ne me paraît plus laisser aucun doute possible sur la cause de l'électrotone.

Vous devez vous rappeler qu'avec le fil de zinc bien amalgamé et porté sur les coussins imbibés d'une solution de sulfate de zinc, on n'obtient jamais les polarités secondaires. J'ai donc préparé un fil de zinc bien amalgamé et je l'ai couvert des deux couches ordinaires de fil de coton ou de chanvre, et après avoir trempé ce fil dans la solution de sulfate de zinc, j'ai répété, comme nous venons de le faire il n'y a qu'un moment avec le fil de platine, l'expérience de l'électrotone sur le fil de zinc. Le résultat est que, même en ne laissant que de petites distances entre le fil et la pile, *nous ne voyons jamais naître un courant électrique, jamais l'électrotone se produire.* Il n'y a donc plus de doutes sur l'explication de ce phénomène dû aux effets de l'électrolysation; et si, comme on a toute raison de le faire, on persiste à attribuer à la structure particulière du nerf une grande influence sur ces effets, il n'y a plus de difficulté à concevoir comment l'électrotone se manifeste si facilement dans les nerfs, de même qu'il ne peut y en avoir à comprendre comment, dans un fil de platine couvert d'une couche humide, et qui, en dehors de l'électrode positif, se couvre d'une couche d'alcali, et en dehors de l'électrode positif, d'une couche d'acide, comment, dis-je, les courants secondaires, c'est-à-dire de l'électrotone, sont considérablement favorisés par cette disposition.

Il me reste encore un mot à vous dire sur quelques phénomènes qui rentrent certainement dans cette partie de l'électro-physiologie, et que M. Pflüger, autre physiologiste de Berlin, a découverts il y a quelques années.

Je crois être d'accord avec les expérimentateurs qui ont répété les expériences de Pflüger et reconnu qu'elles étaient entachées de quelque confusion et de quelque incertitude. Je pense pourtant, comme la plupart d'entre eux, que le fait suivant, dont on doit la connaissance à Pflüger, est exact. Supposons que nous ayons une solution de sel marin peu concentrée, et telle qu'en la mettant en contact avec le nerf d'une grenouille galvanoscopique, on n'obtienne pas les contractions ordinaires, ou qu'on n'en obtienne que de très-faibles. On sait que si cette expérience se fait avec une solution de sel marin très-concentrée, dès qu'on s'en sert pour toucher le nerf d'une bonne grenouille galvanoscopique, on voit la patte de la grenouille entrer en contraction et persister dans cet état. En employant une série de ces solutions plus ou moins concentrées, on obtient le moyen de régler ces effets.

Ceci posé, voici l'expérience de Pflüger. Je prends différentes grenouilles galvanoscopiques, et pour chacune d'elles j'enferme le nerf dans le circuit d'une pile, de manière que le courant soit inverse pour les unes et direct pour les autres. Je laisse le circuit fermé pendant un certain temps, puis, avec un pinceau trempé dans les solutions salées, je touche le nerf en dehors des électrodes de la pile, mais sur les points les plus voisins de ces électrodes. Le fait que vous verrez se produire le plus communément, c'est que les contractions se

pôle positif. Pflüger en concluait donc que, pour le passage du courant électrique dans un nerf, l'excitabilité de ce nerf croît en dehors et dans le voisinage du pôle négatif, tandis qu'elle diminue près du pôle positif.

Nous connaissons aujourd'hui une manière très-simple d'expliquer ces phénomènes et qui certainement vaut mieux que toutes les hypothèses imaginées à ce sujet. Il est possible que notre explication ne soit pas unique ni suffisante, d'autant plus que les faits auxquels elle s'applique sont encore, très-incertains : pourtant notre explication est de telle nature qu'elle est certainement vraie, du moins en partie.

Depuis les fameuses expériences de Humboldt faites sur le galvanisme quelques années après les premières découvertes de Galvani, on sait que l'excitabilité des nerfs augmente quand on les tient au contact d'une solution de potasse très-étendue, tandis qu'elle s'affaiblit si l'on a fait agir auparavant sur les nerfs une solution acide étendue.

Voici deux soucoupes dans une desquelles je viens de verser une solution alcaline si faible, qu'à peine elle est sensible au papier réactif, et dans l'autre une solution acide qui est de même extrêmement étendue. Je prépare rapidement sept ou huit grenouilles galvanoscopiques, et pour une moitié de ces grenouilles je plonge les nerfs dans un des liquides, pour l'autre moitié dans l'autre. Après vingt ou trente secondes ou une ou deux minutes d'immersion, je retire ces nerfs des liquides, je les lave dans l'eau pure et les essuie avec du papier joseph. J'étends alors ces grenouilles deux à deux sur une lame de verre, de manière à mettre un nerf qui a été dans l'acide en contact avec un nerf qui a été dans l'alcali. Je touche alors ces deux nerfs avec une goutte d'une solution de sel marin, et je trouve constamment, presque sans exception, que les nerfs qui ont été dans l'alcali produisent toujours des contractions plus fortes et plus promptes que les autres nerfs.

Nous n'avons plus qu'à nous rappeler qu'au contact du pôle négatif, le nerf se charge d'hydrogène et d'alcali, et qu'il se charge, au contact du pôle positif, d'oxygène et d'acide, pour comprendre pourquoi l'excitabilité du nerf paraît augmentée dans le premier cas et diminuée dans le second.

Ch. Matteucci,
Sénateur et ancien ministre de l'instruction publique du royaume d'Italie.

— Traduit par L. T. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

(de l'Institut).

XIV

Races végétales et animales libres.

Je vous ai parlé, dans mes dernières leçons, des races domestiques végétales et animales que l'homme tient actuellement sous sa main. Il me reste à reprendre, à un dernier

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544 et 559, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet et 1er août 1868.

point de vue, l'étude des espèces auxquelles elles appartiennent. L'homme, après avoir cultivé certains végétaux et domestiqué certains animaux, a emporté les premiers et s'est fait suivre des seconds dans ses migrations. Partout il s'est efforcé de multiplier les uns et les autres.

Ces circonstances ont produit un double résultat auquel la volonté humaine tantôt a participé, tantôt est restée étrangère. D'une part, les espèces cultivées ou domestiques se sont multipliées et diversifiées par suite des conditions d'existence si variées qui leur ont été faites dans le cours de nombreux et lointains voyages ; d'autre part, un certain nombre de leurs représentants se sont soustraits à la culture ou à la domestication, par suite de mille accidents ou hasards faciles à imaginer.

Cette liberté reconquise entraîne deux conséquences. Les animaux ou les végétaux en question échappent d'abord aux influences modificatrices que l'homme, même involontairement, exerce sur eux ; ils retombent, en second lieu, sous l'empire des influences naturelles. Le résultat final doit donc être double.

On comprend que les traces de l'action humaine tendront à s'effacer, tandis que les caractères dus aux actions naturelles tendront à se prononcer de plus en plus. En d'autres termes, les caractères acquis par la culture ou la domesticité feront place, jusqu'à un certain point, aux caractères naturels ; en sorte que l'animal et le végétal, redevenus libres, se rapprocheront toujours plus ou moins du type sauvage de l'espèce. Voilà ce qu'indique la théorie, et les faits la justifient pleinement, comme il m'est facile de vous en convaincre par quelques exemples.

J'en emprunte d'abord un petit nombre au règne végétal. Le chou cabus, ou chou pommé, mal cultivé dans de mauvaises terres, dégénère en chou cavalier. Le navet, lorsqu'il est nourri sur un sol inculte, reprend la racine de navette, sans acquérir toutefois la qualité des graines qui, chez cette dernière, est le résultat de la culture. Dans des circonstances analogues, les plantes et les arbustes d'ornement à fleurs doubles reprennent leurs fleurs simples ; en même temps que le nombre des pétales diminue, celui des étamines s'accroît en proportion égale et redevient normal. Chez les arbres fruitiers, le fruit perd les qualités qui nous le font estimer. Vous savez de plus que les poiriers et les pommiers privés de culture retrouvent les épines dont l'arbre sauvage est hérissé, et qui ne sont autre chose que des rameaux avortés.

Pour les animaux qui échappent aux soins de l'homme après les avoir longtemps reçus ou subis, le retour partiel aux caractères du type initial s'observe de la même manière ; les signes caractéristiques des races domestiques disparaissent. Pour prendre un fait entre mille, je vous rappellerai que les oreilles tombantes se redressent et redeviennent droites comme chez l'animal sauvage.

Ces phénomènes bien constatés, et dont il me serait aisé de multiplier les exemples, ont donné cours à une opinion vulgaire qui a été beaucoup trop légèrement adoptée par la plupart des naturalistes. On a dit que les végétaux et les animaux échappés à l'action de l'homme reprenaient fatalement tous les caractères du type sauvage. Les partisans de la fixité de l'espèce insistent tout particulièrement sur ce prétendu fait. Ils aiment à l'invoquer comme un argument en leur faveur, pour la facilité avec laquelle il montre, disent-ils, le type spécifique toujours prêt à reparaître dès que les caractères artificiels qui le masquaient ont l'occasion de tomber et de disparaître.

Isidore Geoffroy est un des premiers qui aient réagi contre cette croyance. Il a fait remarquer que si l'on admettait cette conséquence de leur retour à l'état indépendant, les races libres d'une même espèce devraient toutes être semblables. Or, il n'en est point ainsi. C'est là un point sur lequel j'ai insisté chaque fois que l'occasion s'en est présentée et sur lequel j'aurai à revenir encore en me plaçant à plusieurs points de vue.

Dans la plupart des cas, la race libre ne fait que se rapprocher du type sauvage dont elle acquiert les caractères généraux, tout en conservant l'empreinte de son passage sous le joug de l'homme. Ce résultat s'explique en théorie, ou mieux à l'aide du simple bon sens. Citons cependant quelques faits.

Ils ne peuvent pas être très-nombreux dans le règne végétal. L'homme s'est peu inquiété du sort des plantes qui lui ont échappé ; et c'est tout au plus si l'on a recueilli quelques observations ayant rapport à elles. Au reste, le nombre même des races végétales libres est assez restreint. La plupart de nos races, formées et maintenues avec leurs caractères acquis par la culture, sont si délicates, qu'abandonnées à elles-mêmes, elles sont incapables de supporter la rigueur des conditions naturelles d'existence, ainsi que la concurrence des espèces sauvages. Tel est le cas des céréales, au moins en Europe. Bien souvent on a essayé de laisser croître du blé en liberté afin d'arriver à connaître les caractères de la souche primitive ; jamais l'expérience n'a réussi, parce qu'il s'agissait d'une plante devenue si artificielle, qu'elle ne pouvait plus s'accommoder de l'état libre.

Les légumes nous fournissent cependant certains faits qui viennent à l'appui de nos idées. Ainsi le chou cavalier, *issu du* chou pommé privé des soins de l'homme, ne reproduit pas le moins du monde le chou sauvage qui pousse le long de nos côtes. Mais j'ai hâte d'arriver à deux observations bien plus précieuses et bien plus importantes.

Le pêcher sauvage, tel qu'on le trouve en Asie, est un arbre donnant un fruit petit, sec, acerbe, en somme absolument immangeable. Ce pêcher était cultivé dans sa patrie même, et c'est ainsi qu'il a été transporté en Europe. Il a produit, vous le savez, à côté de quelques races, un grand nombre de variétés. Or il en est deux parmi celles-ci qui se distinguent tout particulièrement, parce que dans l'une la chair est détachée du noyau, tandis que dans l'autre elle y adhère complétement. Cette dernière prend, dans le Midi, le nom de *pavie*. Dans les Cévennes, où on les cultive toutes les deux, on rencontre aussi sur plusieurs points le pêcher croissant sans culture ; je me rappelle avoir vu, dans une propriété où j'ai passé mon enfance, les fruits qu'il produit alors, plus petits que la pêche, de couleur verdâtre, à la chair juteuse, fraîche, acidule, mais un peu dure et manquant de délicatesse. On les connaissait dans le pays sous le nom de *passègres*. Or, parmi ces passègres comme parmi les pêchers cultivés, on rencontrait à la fois la variété pavie à noyau adhérent et la variété à noyau détaché, toutes deux passées à l'état de races libres.

Ainsi, redevenu libre, le pêcher a certainement perdu quelques-unes des qualités que son fruit devait à la culture ; mais il en a conservé d'autres, et surtout il n'a pas reproduit ce fruit immangeable de l'arbre vraiment sauvage que l'on trouve

races cultivées, résulte sans contredit de l'action de l'homme.

Ce fait conduit à admettre que les races libres sont de véritables intermédiaires entre les formes domestiques et les formes sauvages. Il n'est donc pas vrai de dire qu'elles finissent par reproduire identiquement ces dernières.

Le poirier va nous offrir des faits analogues aux précédents, mais plus probants encore, parce qu'ils portent sur un plus grand nombre de variétés. Van Mons trouva vivant à l'état sauvage dans les Ardennes des poiriers qui donnaient des fruits, très-mauvais sans doute, mais en qui se reconnaissaient néanmoins les types des principales variétés cultivées en Belgique. Il crut avoir découvert autant de souches premières des poiriers d'Europe. De son côté, M. Godron hésitait. Cependant, même avant le travail si concluant de M. Decaisne, l'erreur était facile à relever. Le poirier sauvage est fort commun en Europe, tandis que les formes diverses observées par Van Mons se trouvent seulement dans le voisinage des lieux où l'on cultive leurs prétendus dérivés. Ne serait-il pas bien singulier que les Ardennes eussent le privilége unique de posséder toutes les souches sauvages? D'ailleurs, le travail de M. Decaisne est venu lever les derniers doutes en établissant positivement l'unité d'espèce du poirier.

Les arbres de Van Mons étaient donc des individus libres, et *non des individus sauvages*.

C'est là un fait doublement important après les recherches de Sageret qui, ayant essayé de reproduire par semis les poiriers cultivés, n'a jamais réussi qu'à obtenir des fruits *sauvages*. Nos poiriers domestiques ne forment donc que des *variétés*. Cependant, quoique les résultats de la culture n'aient pas pu être assez fixés chez elles pour résister à l'épreuve du passage d'une génération à la suivante, ils se traduisent encore par des différences capables de se conserver malgré la condition commune de la vie indépendante.

En résumé, les végétaux nous montrent nettement les conséquences de la domestication se prolongeant jusque dans les races libres. L'étude des races animales offre des faits entièrement semblables : car il s'agit certainement d'une loi générale qui gouverne tous les êtres organisés. J'insisterai tout particulièrement sur le chien, dont l'histoire est pleine, à tous les points de vue, du plus vif intérêt.

Le chien est extrêmement fécond ; en sorte que l'on prend chez nous des précautions pour parer à sa multiplication exagérée : on noie les petits. Mais supposez qu'on néglige de le faire, et que l'homme ne puisse plus subvenir à la nourriture d'un aussi grand nombre d'animaux, ceux-ci iront chercher fortune ailleurs et s'industrieront pour vivre par eux-mêmes. Aussi rencontre-t-on dans une foule de lieux où l'homme a porté ses pas, des troupes entières de chiens libres ou chiens marrons.

Tels sont, à Constantinople et dans les autres villes d'Orient, les chiens de bazar dont j'ai eu occasion de vous parler. Ce sont des animaux sans maîtres qui vivent en pleine cité et sans que personne s'inquiète d'eux. Ils ont d'ailleurs leur utilité, en ce qu'ils sont, pour ainsi dire, chargés de la voirie, et qu'ils rendent, en faisant disparaître une partie des ordures, les mêmes services que les vautours et les percnoptères. Il est vrai qu'ils sont à moitié féroces. Le soir, ils s'emparent des rues; chacun s'établit sur son terrain, et quiconque se risquerait au milieu d'eux pourrait courir un sérieux danger.

Si maintenant, au lieu d'une ville, vous imaginez des forêts immenses, des plaines sans limites, peuplées d'animaux qui puissent leur servir de nourriture, vous comprendrez que les chiens, y jouissant d'une liberté autrement absolue que dans les rues de Constantinople, s'y soient rapidement multipliés et soient devenus complétement féroces. C'est ce qui est arrivé; et l'on peut dire que le chien libre ou chien marron se retrouve dans toutes les parties du monde.

Afin de vous rendre compte de faits très-variés que présente l'étude des chiens libres, faits qui d'ailleurs ont été pris pour base d'opinions que j'aurai à combattre devant vous, il convient que je vous cite les observations et les expériences les plus récentes qui me paraissent éclairer bien des points douteux.

L'homme européen est arrivé en Amérique accompagné du chien, son compatriote; il s'en est suivi la formation presque immédiate de races marronnes dont la multiplication a été tellement rapide dans les îles du golfe du Mexique, par exemple, qu'au bout de moins d'un siècle après la découverte de Cuba, il fallait y mettre à prix les têtes de ces animaux devenus extrêmement redoutables. Dans l'Amérique du Sud, les chiens marrons se sont tout aussi rapidement propagés. Là le retour à l'indépendance des races domestiques a été bien plus général encore; en sorte que, dans ces contrées, la faune compte réellement une bête féroce de plus, et c'est nous qui l'y avons amenée. Guldenstædt et Pallas dans la Sibérie asiatique, Ehrenberg en Abyssinie, ont constaté des faits semblables.

Malheureusement les chiens libres ont été peu étudiés. Cependant si les données que l'on a sur eux sont peu nombreuses, celles que nous possédons sont du moins aussi importantes que certaines, parce qu'elles ont été recueillies à titre de faits et en dehors de toute idée de controverse. Tous ces chiens, nous disent les voyageurs, ont la tête plus petite et les oreilles droites. A l'exception de ces caractères communs, on les voit différer les uns des autres sous tous les rapports, comme diffèrent entre elles les races domestiques. Dans la Sibérie d'Asie, le chien libre rappelle le chacal, et sert évidemment de trait d'union entre la souche sauvage et les formes domestiques. On en dirait autant de certaines races d'Égypte et d'Abyssinie. A Saint-Domingue et à Cuba, les chiens marrons sont des lévriers; mais ceux de la première de ces îles ont une teinte uniforme d'un bleu cendré pâle, avec de grands yeux brun clair; tandis que ceux de Cuba ont le pelage gris de souris et les yeux bleu clair. Rappelons que la race importée à Saint-Domingue était le grand levrier à cerf qui fut dressé, dès son arrivée, à chasser les Indiens.

Mais l'observation la plus générale et la plus précise que nous possédions, nous la devons à M. le docteur Martin de Moussy, voyageur dont le nom jouit d'une autorité indiscutable, et qui est resté vingt ans dans l'Amérique méridionale, la parcourant en tous sens. Depuis, ses écrits ont été contrôlés avec soin, et partout on y a reconnu une scrupuleuse exactitude. M. Martin de Moussy a retrouvé, parmi les chiens des pampas, chiens de la Plata, de Buénos-Ayres ou du Brésil, toutes les grandes races domestiques. S'il faut faire une exception pour les petites, c'est, dit-il fort justement, que, là comme ailleurs, les gros ont mangé les petits.

C'est, vous le voyez, la contre-partie des poiriers de Van

Mons. Ici encore des races émancipées ont conservé un certain ensemble de leurs caractères acquis.

A l'aide de ces données, il nous est facile de reprendre l'histoire de quelques types auxquels on a voulu attribuer une valeur spécifique, en les considérant comme les souches de races canines locales.

L'homme américain se trouvait dans le nouveau monde avant l'arrivée des Européens. Nous verrons plus tard qu'il y avait émigré, et nul ne peut douter que, dans ce voyage, il ne se soit fait accompagner du chien. Il suffit ici de rappeler qu'il est prouvé que l'homme a amené cet animal jusque dans la Nouvelle-Zélande.

Est-il admissible que ces chiens soient restés absolument attachés aux pas de leurs maîtres? Est-il admissible que là où plus tard nos lévriers, nos dogues et nos limiers nous ont quittés, l'alco et ses frères soient restés fidèles à l'Indien? Évidemment, ce qui s'est passé au milieu de nos colonies avait eu lieu bien auparavant chez nos prédécesseurs.

Partout où le chien a trouvé de quoi vivre seul, il a dû se séparer de son maître, tandis qu'il lui est resté fidèle partout où l'industrie de l'homme lui était nécessaire pour subsister. Aussi, dans l'Amérique chaude ou tempérée, dans des contrées où les conditions de l'existence libre étaient faciles pour le chien, trouve-t-on des races marronnes ressemblant parfois, à s'y méprendre, aux chiens domestiques du voisinage. Ainsi, auprès des Indiens des prairies et des Indiens-Lièvres, on trouve un chien ressemblant au *Canis latrans* ou loup des prairies.

L'Amérique méridionale abonde en races indigènes domestiques, ayant de très-grands rapports avec un certain chien sauvage appelé chien *aguara*. Seulement les animaux élevés par les Indiens de ces contrées ont la taille plus élevée que lui. D'ailleurs les uns et les autres rappellent nos lévriers.

Il ne faut pas confondre le chien aguara avec l'aguara proprement dit, le *Canis jubatus*, qui forme une espèce distincte. Celui-ci est en effet un animal solitaire et nocturne; il semble, en outre, qu'il ne puisse digérer la chair du bœuf, à moins qu'elle ne soit cuite; tandis que les chiens sauvages chassent les troupeaux de buffles.

Mais si, avançant plus au sud, nous dépassons la zone où la vie libre est facile, nous atteignons des régions où elle est bien plus dure, comme il arrive en Patagonie et dans la Terre de Feu. Là le chien reparaît attaché à son maître, et quand on veut le décrire, c'est à nos races européennes qu'on le compare. D'après Fitz-Roy, le chien des Patagons tient à la fois du chien de berger et du loup; or, nous connaissons tous chez nous des races analogues. Il chasse à vue comme le lévrier, et grogne ou aboie comme notre chien quand on le menace et quand il se bat.

Le chien de la Terre de Feu, ou chien *pescherai*, paraît avoir emprunté ses caractères au chien de berger, au basset et au renard; or, un pareil type se rencontre fréquemment chez nous. Il garde avec vigilance le campement de ses maîtres et se montre très-aboyeur. Bien qu'il soit chien dans toute la force du terme, il n'en a pas moins, sous l'influence de conditions d'existence particulières, pris l'habitude d'un autre animal, le chien crabier. Fort mal nourri par ses maîtres, qui le plus souvent font eux-mêmes maigre chère, il a appris à soulever les pierres du rivage et à détacher d'un coup de patte les mollusques qui y adhèrent le plus fortement.

D'un autre côté, il existe, même dans les régions tempérées de l'Amérique, des races qui, trop délicates pour supporter la vie sauvage, sont restées domestiques. Tels sont les chiens nus, qui étaient connus bien avant l'arrivée des Européens, puisqu'on les retrouve dans les tombeaux des anciens Incas. Il paraît même qu'il s'en est formé deux races distinctes, l'une du Paraguay, l'autre du Pérou. Celle-ci, composée d'animaux très-aboyeurs, tandis que la première renfermerait au contraire un grand nombre d'individus muets.

Je ne puis quitter les chiens d'Amérique sans vous dire un mot d'un animal dont presque tous les naturalistes ont fait une espèce à part, tandis qu'il appartenait simplement à une race marronne dont la liberté était même d'origine récente. C'est le prétendu loup des îles Malouines ou Falkland, le *Canis antarcticus*.

Parmi les navigateurs européens qui abordèrent ce petit archipel, quelques-uns, qui crurent être les premiers à explorer cette terre inhabitée, furent fort surpris d'y trouver un quadrupède de grande taille qu'ils pensèrent en être originaire, et l'on en fit aussitôt le type d'une espèce, fort exceptionnelle assurément par sa localisation dans un habitat aussi restreint. On a dit et répété partout qu'à Byron, navigateur anglais, revenait l'honneur de l'avoir découvert et décrit. Or ce n'est pas lui qui en a parlé le premier ni qui a donné sur lui le plus de détails.

Byron toucha aux Malouines en janvier 1765. Mais, dès l'année précédente, en 1764, en janvier aussi, Bougainville y avait installé une colonie de Français Acadiens expulsés de leurs terres. Lorsqu'il y revint en 1765, il s'y trouva presque en même temps que Byron et rejoignit même ce *dernier sur la* côte d'Amérique, au Port-Famine; si bien qu'un vaisseau anglais ayant échoué par suite d'une fausse manœuvre, Bougainville lui envoya deux canots de secours.

Or, dans ses voyages aux îles Malouines, notre illustre navigateur a vu le *Canis antarcticus*, qu'il appelle loup-renard, parce qu'il se terre comme nous avons vu que le faisaient aussi les chiens de Jérusalem, ainsi que toute une colonie de ces animaux aux environs du Caire. Voici, du reste, ce qu'il en dit : « Cet animal est de la taille d'un chien ordinaire dont il a l'aboiement, mais faible. » Ces derniers mots tranchent la question. En effet, aucun animal sauvage n'aboie. L'aboiement est une voix artificielle que les chiens acquièrent, peut-être en essayant d'imiter la voix humaine, mais qu'ils perdent souvent, surtout s'ils se trouvent isolés dans quelque contrée déserte. On sait que cet oubli arrive même assez vite, puisque des chiens abandonnés dans l'île Juan-Fernandez, et retrouvés trente-trois ans après, étaient déjà entièrement muets. Or, le prétendu *Canis antarcticus* aboyait encore lors du voyage de Bougainville; il y avait donc probablement moins de trente-trois ans que des chiens domestiques, ses ancêtres, avaient pénétré dans l'archipel.

Le fait de cette introduction s'explique d'ailleurs par l'histoire de la découverte des îles Falkland. Ni Bougainville, ni Byron, n'ont été les premiers à y aborder. Bougainville en attribue la découverte à Vespuce; mais il cite plusieurs voyageurs qui depuis y ont touché en passant. Richard Hawkins, entre autres, après avoir fort bien décrit la côte septentrionale qu'il avait explorée avec soin, la déclarait peuplée et affirmait y avoir vu des feux. Il est probable qu'il s'y trouvait à ce moment quelques naufragés avec leurs chiens. Les hommes durent périr ou se rapatrier, tandis que les animaux

restèrent en possession du sol, qu'ils occupaient encore lors du passage de Bougainville.

Hamilton Smith reconnaît du reste, dans son ouvrage sur le chien, que le *Canis antarcticus* ressemble au chien aguara.

Passons maintenant dans l'Inde ; nous y retrouverons des faits de même nature, mais plus multipliés et plus connus. Là, dans un espace relativement restreint, on a décrit bien des animaux vivant de la vie libre et ressemblant aux chiens domestiques du pays ; puis on n'a pas tardé à conclure que ceux-ci dérivaient par la domestication des premiers, réputés sauvages. C'est le contraire qu'il fallait dire, si l'on voulait rester fidèle à l'analogie, qui est ici le seul élément d'appréciation que l'on puisse appeler à son aide.

Tout autant que l'Amérique, l'Inde, avec ses jungles et ses forêts peuplées d'animaux herbivores, offrait une large pâture aux carnassiers, tels que les chiens devenus libres. D'un autre côté, il est bien improbable que le chien domestique y soit resté constamment attaché à son maître. Évidemment, dans cette contrée, depuis si longtemps civilisée et tant de fois ravagée, bien des chiens, représentants des différentes races domestiques qui s'y étaient formées, ont dû se sauver et enfanter de nombreuses races libres. Le contraire serait absolument inexplicable à côté de ce qui s'est passé en Amérique et de nos jours. Il n'y a donc rien d'étrange à ce que l'on rencontre un grand nombre de ces animaux vivant à l'état sauvage, mais qui, par leurs formes, se rattachent aux chiens restés domestiques. Je vous citerai le kolsun, le quihi, le chien de Ceylan (*Canis ceylaniensis*), etc.

Une mention spéciale est due au dhôle, qui a la forme du *lévrier*, comme le chien des stèles d'Égypte, et qui fait ainsi concurrence au lévrier sauvage d'Abyssinie pour ceux qui ont voulu donner à nos lévriers domestiques une souche à part.

La multiplicité des formes sauvages rassemblées dans des aires peu étendues commençait évidemment à étonner les partisans de la multiplicité des souches, et Hamilton Shmit lui-même, lorsque M. Hodgson en découvrit une nouvelle, le *buansa*. Cet animal habitait les montagnes du Népaul, entre le Sutledje et le Brahamapoutra, et possédait du reste tous les instincts et presque les caractères extérieurs des chiens de chasse. Hodgson crut avoir trouvé la souche première de tous les chiens domestiques, et fit, en conséquence, du buansa le *Canis primævus*, le mettant à la place du chacal dans la doctrine de Guldenstædt, de Pallas et de plusieurs autres naturalistes. Hamilton Smith, qui croyait pourtant à la multiplicité des types spécifiques, pensa qu'il fallait rattacher au buansa toutes les races domestiques de l'Inde. C'est dire que lui-même reculait devant les conséquences auxquelles conduit la théorie de la multiplicité des origines canines.

Quant à voir dans le buansa la souche de nos chiens occidentaux, son habitat même s'y oppose. Nous avons vu que les Aryas primitifs connaissaient le chien, et les Hindous leurs fils ne sont arrivés que bien plus tard dans le bassin du Gange.

Avant de quitter cette contrée dont l'étude est si intéressante, j'ai quelques mots à dire des chiens parias, qui représentent les chiens de bazar de l'Asie occidentale. Il y en a de sauvages et de domestiques ; car, à côté des chiens urbains, il en est qui vivent hors des villes et jusque sur les versants de l'Himalaya. Or tous les voyageurs proclament à l'envi l'identité de leurs types. La population urbaine est très-mélangée, très-croisée et abâtardie. Pourtant Smith nous apprend que l'évêque Hébert fut fort étonné de trouver chez ces animaux négligés « les mêmes qualités qui distinguent leurs frères plus heureux de l'Europe ».

Le même Smith à qui, vous le voyez, je fais de nombreux emprunts, regarde le chien de bazar d'Égypte, qui est le véritable paria de cette contrée, comme moins dégénéré que celui de l'Inde. Il reconnaît en lui les indices d'un sang noble. Suivant ses traces, il trouve le lévrier akeba des Bédouins, lequel ressemble aux lévriers des anciennes stèles, et il arrive finalement, par l'observation de races domestiques et de races plus ou moins libres, à la forme sauvage trouvée en Abyssinie par Rüpel, au *Canis simensis*, d'où il fait descendre à la fois les lévriers indiens et égyptiens. Isidore Geoffroy semble adopter la même conclusion. Mais nous avons vu, d'un autre côté, le dhôle, que l'on veut être un dérivé du buansa, présenter les mêmes formes élancées du lévrier. Ainsi l'Inde et l'Abyssinie nous offrent des types de chiens libres se rapprochant autant les uns que les autres de nos lévriers domestiques. C'est ainsi que les diverses hypothèses d'origines multiples se détruisent les unes par les autres.

Avant de quitter l'Afrique, je pourrais citer des faits analogues en Guinée chez les chiens des nègres ; mais je crois que ce que je vous ai déjà dit suffit bien pour vous éclairer.

J'ajoute quelques mots sur le dingo, qui se trouve en Australie un peu dans les conditions des chiens des Malouines. C'est le seul grand mammifère qu'on y rencontre n'appartenant pas aux marsupiaux, et ce fait exceptionnel devait déjà donner à réfléchir. Aussi l'a-t-on généralement regardé comme importé. Quoi qu'il en soit, le dingo domestique est redevenu libre ; et Hamilton Smith le rapporte, dans l'un et l'autre cas, à une forme dérivée du *Canis primævus* de Hodgson.

Cependant quelques naturalistes, le considérant comme autochthone, ont voulu en faire une espèce à part. Un fait rapporté par Darwin réfute pleinement cette opinion. Le dingo sauvage présente de grandes variations de pelage. Cela seul annonce une race libre non encore fixée, circonstance qui s'explique par ses croisements fréquents avec les dingos domestiques ou plutôt demi-libres de l'Australie. De plus, il se croise aussi avec tous les chiens européens importés dans le pays.

J'ai tenu à compléter l'histoire du chien en vous soumettant la difficile question des races canines libres. Vous voyez quelles ont été mes sources. J'ai presque toujours emprunté à des adversaires les faits sur lesquels je me suis appuyé. Vous trouverez là, je n'en doute pas, une garantie nouvelle d'exactitude : car il est évident que si ces faits ont été dénaturés, c'est bien plutôt dans un sens opposé à celui des arguments que j'en tire. — En résumé, que montrent-ils ?

Une espèce sauvage, le chacal, répandue sur un espace immense ; à côté d'elle, une foule de races qui en dérivent évidemment, puis des races fort éloignées, mais qui s'y rattachent aisément par une gradation insensible de types, sauf peut-être quelques formes entièrement excentriques dont nous verrons plus tard le mode d'apparition.

A côté de plusieurs de ces races, mais non de toutes, et toujours sous l'influence des conditions spéciales qui rendent pleinement compte du fait, nous rencontrons des animaux sauvages qui leur ressemblent ; de plus, ces animaux sont toujours cantonnés. A leur sujet se pose la question suivante : Sont-ce des souches primitives ou des dérivés ? Pour qui considère isolément ces races sauvages et domestiques et ne

tient compte que de la forme, à la manière de certains naturalistes qui ne veulent pas entendre parler d'autre chose, la question est fort difficile à résoudre, sinon insoluble. Mais, du moment que l'on embrasse l'ensemble des faits analogues en tenant compte aussi des observations contemporaines, tout conduit à admettre que ces groupes localisés d'animaux sauvages, en rapport de forme avec les races domestiques voisines, résultent du retour à la liberté d'individus appartenant à ces dernières. A la morphologie, qui nous offre des séries à termes gradués entre les formes extrêmes, et à la physiologie, qui nous parle de leur croisement toujours fécond, viennent s'ajouter, en manière de confirmation, les renseignements de l'histoire.

En même temps il ressort des faits que les races libres ne retournent pas à un type unique, et que, parfois même, elles acquièrent des caractères nouveaux. Enfin, des races antérieurement caractérisées et distinctes, bien qu'elles soient soumises les unes et les autres aux mêmes conditions de la vie sauvage, ne se fondent pas en une seule. Nous l'avons dit à propos des poiriers de Van Mons et des chiens de l'Amérique du Sud.

Nous aurons à faire l'application de ces données à quelques problèmes relatifs à l'histoire de l'homme, dont nous ne sommes pas aussi éloignés qu'on pourrait le croire.

ARM. ANGLIVIEL.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Vaisseaux capillaires artériels chez les insectes.

Les anatomistes pensaient que toute la circulation du sang chez les insectes se bornait à certains courants aperçus par Carus sur des larves transparentes, lorsqu'en 1847 M. Blanchard apporta la preuve que les trachées de ces animaux remplissent le rôle des artères, en portant dans un espace périphérique le fluide nourricier à tous les organes. Il avait reconnu, au moyen d'injections délicates, l'existence d'un espace libre entre les deux membranes constituant la trachée : le liquide injecté avait chassé le sang et l'avait remplacé.

Après avoir vérifié et confirmé le découverte de M. Blanchard, M. Agassiz insista sur l'évidence de la démonstration. Cherchant ensuite à compléter cette découverte, il donna une attention particulière à la terminaison des trachées. Dans un mémoire publié en 1849 (1), ce savant a distingué les trachées ordinaires terminées en petites ampoules, et les trachées terminées par de petits tubes dépourvus de fil spiral, qu'il nomma les *capillaires de la trachée*. Voici au reste comment s'exprime M. Agassiz : « Chez les Sauterelles que j'ai injectées par le vaisseau dorsal, j'ai trouvé dans les pattes les muscles élégamment couverts de bouquets dendritiques de ces vaisseaux (les capillaires des trachées), tous injectés de matière colorée, et dans la portion d'un muscle de la patte d'un *Acridium flavovittatum* soumise à un fort grossissement, j'ai observé la distribution de ces petits vaisseaux, qui est d'une ressemblance frappante avec la distribution des vaisseaux sanguins dans le corps des animaux supérieurs. »

Près de vingt années se sont écoulées depuis le moment où M. Agassiz est venu annoncer ces faits, qui paraissent avoir été peu compris, car les auteurs qui ont écrit sur l'anatomie et la physiologie des insectes ne les ont pas même mentionnés.

L'observation directe du phénomène circulatoire manquait ; on n'était point parvenu à surprendre le mouvement du sang, soit dans l'espace péritrachéen, soit dans les capillaires. M. Milne Edwards signalait comme un fait regrettable que « l'existence de courants dans les lacunes tubiformes n'ait pas encore été constatée ».

Conduit par des recherches générales sur l'organisation des Diptères à étudier les appareils circulatoire et respiratoire, j'examinai souvent les trachées ; je voyais sans difficulté les globules entre les deux tuniques ; mais l'animal mort, le sang était immobile. Poursuivant mon étude sur la distribution des trachées dans les muscles, je fus trop frappé par le caractère de cette distribution pour ne pas m'y arrêter. Ayant réussi à enlever sur une Éristale (1) vivante un faisceau musculaire sans avoir produit de déchirement, et l'ayant porté rapidement au foyer d'un puissant microscope, j'eus la surprise de voir le sang emprisonné entre les deux membranes des trachées courir dans cet espace péritrachéen, et pénétrer dans les plus fines artérioles ; j'observais la marche des globules sanguins avec la même facilité qu'on l'observe dans les capillaires du mésentère ou de la membrane qui réunit les doigts de la grenouille. J'avais donc été assez heureux pour reconnaître la circulation du sang dans les capillaires des insectes.

J'ai pu me convaincre de l'existence d'un système de capillaires artériels chez tous les insectes : les artérioles les plus déliées rampent, non-seulement dans les muscles, mais encore sur les différents organes. En général, le sang examiné ainsi par transparence présente une teinte rosée très-favorable à l'observation. Lorsque le sang abandonne la trachée et les artérioles, ce que j'ai pu voir très-fréquemment, elles perdent leur coloration. On peut toujours apercevoir la trachée, reconnaissable à son fil spiral, mais il est fort malaisé de distinguer les artérioles, tant leurs parois sont minces et transparentes.

Les difficultés de l'expérience sont grandes ; il faut avec promptitude ouvrir l'insecte, enlever sur l'animal vivant un faisceau musculaire, porter ce faisceau sous le microscope ; et alors, dans de bonnes conditions, on parvient à voir le sang s'écouler avec rapidité par les artérioles. Pour ces recherches, un grossissement considérable est nécessaire : je me suis trouvé *singulièrement aidé* par des objectifs à immersion extrêmement parfaits que M. Nachet a bien voulu mettre à ma disposition.

Les trachées, on le sait, sont constituées par deux tuniques : *la* tunique interne forme l'enveloppe du canal aérifère ; la tunique externe ou membrane péritrachéenne (membrane péritonéale des Allemands) circonscrit la première enveloppe en laissant un intervalle, l'espace péritrachéen. Mais au point où les trachées pénètrent entre les fibres musculaires, la tunique interne disparaît, le canal aérien se termine en cæcum, tandis que la tunique externe, ou membrane péritrachéenne, devient la paroi des vaisseaux sanguins ou capillaires artériels. Ce n'est pas seulement l'épaississement spiroïde de la tunique interne, ou fil spiral, qui disparaît, c'est la tunique interne elle-même qui s'arrête et ferme brusquement le canal aérifère. De la sorte on voit d'un tronc trachéen assez volumineux dériver en plus ou moins grand nombre les vaisseaux sanguins très-grêles, se divisant et se subdivisant régulièrement jusqu'à leurs extrémités.

Le sang maintenu dans l'espace péritrachéen reste pendant tout son parcours en contact avec l'oxygène ; il arrive aux capillaires parfaitement vivifié : c'est un véritable sang artériel. Les capillaires ne sont pas en communication avec des capillaires veineux ; le sang s'épanche dans les tissus, les nourrit, et tombe dans les lacunes ; les courants lacunaires le ramènent au vaisseau dorsal.

En résumé, les trachées des insectes, tubes aérifères dans leur portion centrale, vaisseaux dans leur portion périphérique, deviennent à leurs extrémités de véritables capillaires artériels.

JULES KUNCKEL.

(1) *Proceed. American Association for the advanc. of sciences*, 2 meet. 1849, pages 140-143; trad. française dans les *Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. XV, p. 358-362.

(1) Diptère de la famille des Syrphides.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

[P]ARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 37 — 15 AOUT 1868

L'ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES.

Depuis longtemps déjà tout le monde reconnaissait l'insuffisance de notre outillage scientifique; tout le monde proclamait qu'il était urgent de fournir à nos professeurs les instruments de travaux nécessaires pour rivaliser avec leurs émules d'outre-Rhin et les moyens de former des élèves qui leur succédassent plus tard. Grâce aux nouveaux crédits, très-maigres encore, obtenus pour l'enseignement supérieur, il va être donné satisfaction à ces besoins, dans une certaine limite, par les décrets qu'on trouvera plus loin. Nous ne saurions trop applaudir à l'idée elle-même; mais il est nécessaire de faire quelques réserves au point de vue de la forme sous laquelle elle s'est réalisée.

Manquions-nous d'un ordre particulier d'enseignement scientifique? Non, mais les conditions matérielles de l'enseignement étaient insuffisantes. Qu'y avait-il donc à faire? Améliorer ces conditions : agrandir les laboratoires, leur donner les instruments qui leur manquent, leur attribuer une dotation annuelle qui permît de subvenir aux frais des recherches, admettre dans ces laboratoires les élèves qu'on ne peut y recevoir aujourd'hui faute de place et d'argent, leur fournir des moyens de travail, des encouragements pécuniaires et une perspective d'avenir.

Il semblerait que ce plan ait paru trop modeste et qu'on ait été préoccupé du désir de créer une institution nouvelle, comme si l'on avait craint de ne pas faire assez ressortir l'emploi des fonds nouvellement obtenus. Voilà comment peut s'expliquer la conception d'une *École pratique des hautes études*, qui ne correspond à rien puisqu'elle veut embrasser tous les ordres de connaissance, depuis le calcul infinitésimal, la physique et la physiologie, jusqu'à l'arménien, l'arabe et le chinois, en passant par l'agriculture, la paléographie et l'histoire de l'art ou de l'économie politique.

Cette objection est trop naturelle pour n'avoir pas été prévue. Le rapport du ministre y répond en disant que l'unité de la nouvelle École résultera de ce qu'elle doit faire des *savants*, comme celle de l'École normale consiste à former des professeurs. En réalité, nous n'avons pas *une* École normale avec six divisions, nous en avons *deux* réunies sous le même toit mais absolument distinctes : celle des lettres et celle des sciences. Cela est si vrai, que chacune d'elles a toujours eu et a encore aujourd'hui, sous des noms différents, son directeur spécial. Quant aux divisions, elles ne présentent qu'une importance tout à fait secondaire. Ne parlons pas ici de l'École des lettres. Dans l'École des sciences, il n'y a aucune distinction pendant les deux premières années d'études; c'est seulement la troisième année qu'on répartit les élèves en deux divisions : celle des mathématiques et celle de la physique et de la chimie. Quant à la zoologie et à la botanique, elles figurent bien aussi dans l'enseignement de l'École, mais à titre d'accessoires, et on n'impose pas aux élèves la licence ès sciences naturelles comme les licences ès sciences mathématiques et ès sciences physiques.

L'école normale des sciences se borne donc en réalité aux mathématiques, à la physique et à la chimie, c'est-à-dire aux sciences qui ont le plus de rapports entre elles. N'oublions pas d'ailleurs qu'elle n'enseigne à ses élèves que les résultats acquis pour leur apprendre à les enseigner à leur tour, et qu'elle n'a pas pour but de leur montrer comment on fait progresser la science. Or, l'éducation du professeur,— quand on veut le borner à ce rôle, — ne dépend pas aussi étroitement que celle du savant de l'objet même à étudier. Il est bon sans doute que les savants des divers ordres ne se confinent pas trop dans leur spécialité et sachent au besoin se renseigner chez le *voisin ;* mais, pour faire progresser une science, il faut avant tout se familiariser avec les difficultés qu'on y rencontre et les moyens de les vaincre; or, la nature de ces difficultés dépend essentiellement de l'objet de chaque science.

Jusqu'ici la critique reste théorique; en voici la conséquence pratique. L'école devant s'occuper de tout, on a réuni pour former son conseil les chefs de tous les corps scientifiques ou enseignants les plus divers (deuxième décret, art. 10). C'est sur l'avis de ce conseil que doivent être prises toutes les décisions importantes. Or, ne voit-on pas que, dans chaque cas particulier, l'immense majorité de ses membres sera tout à fait étrangère à la question? Celui qui a passé sa vie à étudier le chinois, les statues grecques ou les monnaies du moyen âge peut-il donner un avis sérieux sur les connaissances d'un chimiste, d'un aide naturaliste ou d'un astronome? Se permettra-t-il de contredire l'opinion des hommes de la spécialité? et, s'il voulait avoir une opinion à lui, quelle garantie offrirait-elle? Il ne pourra donc faire qu'une chose, accepter sans contrôle les décisions de ses deux ou trois collègues plus compétents, qui lui rendront la pareille lorsque la situation sera renversée. Il arrivera même bien des fois qu'un seul membre sera compétent et prononcera seul en réalité sous le couvert du conseil. Prenons par exemple la zoologie. Parmi les membres-nés du conseil indiqués dans l'article 10, un seul est zoologiste : c'est le doyen de la Faculté des sciences, M. Milne-Edwards. Il est vrai qu'il faudra y ajouter les membres, — non encore nommés, — des commissions permanentes de chaque section instituées par l'article 9. Mais la section d'histoire naturelle et de zoologie com-

prenant cinq ordres d'études différents (Règlement, art. 3), on ne pourra prendre parmi les directeurs de laboratoires de zoologie, en admettant qu'il y en ait plusieurs, qu'un seul des cinq membres, et ce sera encore M. Milne-Edwards, car il est à la tête du laboratoire de zoologie qui fonctionne déjà.

Qu'on nous pardonne d'avoir cité un nom propre pour mieux faire comprendre une critique qui n'a rien de personnel ni au savant que nous avons cité ni à aucun autre. Ce cas n'a rien d'exceptionnel. Dans ce conseil si nombreux, et en supposant même qu'aucun membre ne fasse défaut, il sera très-rare de trouver trois personnes compétentes sur un ordre d'études donné; cela n'arrivera sans doute que pour la chimie. Il y a là une situation très-délicate dans une foule de cas. (Voy., par exemple, 1er décr., art. 4, 2e décr., art. 10, 1°, 2°, etc.)

Il est sans doute fort juste que les décisions émanent en réalité des personnes compétentes dans chaque ordre d'études; nous voudrions même que le chef de chaque laboratoire eût une autorité sans contrôle pour tout ce qui le concerne. Mais à côté de la décision il faut placer la responsabilité vis-à-vis de l'opinion du monde scientifique, et l'intervention du conseil la fait évanouir sans la remplacer par aucune garantie.

Le défaut d'espace ne nous permet pas d'entrer ici dans une critique de détail sur l'organisation des diverses sections. Bornons-nous donc à quelques remarques.

L'école d'astronomie est une excellente institution qui nous manquait en effet. Mais on ne voit pas très-bien ce que seront les directeurs d'études de mathématiques proprement dites.

Dans la section de physique et de chimie, pourquoi dispenser les élèves entrants du diplôme de bachelier ès sciences ou même de l'enseignement secondaire spécial (Règlement, art. 1er) qui n'exige plus aucune étude latine. Les connaissances que suppose l'un de ces diplômes ne sont point de luxe pour celui qui veut devenir un savant. Sans doute on les remplace par un examen spécial; mais il semble que cet examen ne doive être bien sévère que pour les mathématiques; s'il correspondait réellement aux diplômes dont on dispense, à quoi bon la dispense? Ne suffirait-il pas d'une admission temporaire sous la condition d'obtenir le diplôme dans un temps fixé? Puis, si les examens de sortie, au bout de trois ans, doivent être de la force de la licence (Règlement, art. 5), pourquoi ne pas soumettre les élèves à cette épreuve comme ceux de l'École normale? pourquoi leur ménager ainsi le moyen d'arriver au doctorat (deuxième décret, art. 6) sans avoir même obtenu le diplôme de l'enseignement secondaire spécial?

Ces critiques s'appliquent aussi à la section d'histoire naturelle et de physiologie (Règlement, art 2). Ici nous ne trouvons plus, comme dans la section de physique et de chimie, d'examens de passages d'une année à l'autre, ni d'examens de sortie; il n'est même pas bien sûr qu'il y aura un examen d'entrée (Règl., art. 2). Cependant on peut toujours arriver au doctorat par le même chemin où nous ne trouvons cette fois d'autre garantie que l'intervention du conseil supérieur, et nous avons montré que ce conseil ne pouvait souvent que consacrer la décision d'une seule personne. N'y a-t-il point là une certaine atteinte aux droits des Facultés et au prestige des grades universitaires?

En tête de la section d'histoire naturelle, nous trouvons le département de la géologie. En réalité, il comprend autant de minéralogie que de géologie (Règlement, art. 4), et il aurait été mieux placé dans la section de la physique et de la chimie.

A la fin de cette même section figure la chimie considérée comme auxiliaire des sciences naturelles. Le programme de ce département (Règlement, art. 8) montre bien qu'il fait double emploi avec celui de la chimie de la section précédente. Ce qu'on aurait compris à cette place, c'était une subdivision consacrée à la chimie biologique, science trop peu cultivée chez nous jusqu'ici, et qui a donné lieu à beaucoup de travaux en Allemagne. Mais les deux professeurs de chimie du Muséum auxquels on attribue ce département n'ont pas dirigé leurs travaux dans ce sens, et ne peuvent, par conséquent, y guider leurs élèves.

L'histologie ou anatomie générale, aujourd'hui si importante et si active, méritait d'obtenir une place à elle. Les laboratoires de zoologie ne lui offriront pas asile, — l'esprit de ces deux sciences est trop différent, — et la physiologie expérimentale, pour laquelle elle a plus d'affinité, ne peut la considérer que comme un accessoire.

Enfin les questions agronomiques ne figurent que par deux allusions à propos de la botanique et de la chimie (Règlement, art. 5 *in fine* et 8). Ce n'est pas suffisant. Ce qu'il *fallait*, c'était de constituer à côté du département botanique un département de physiologie végétale et d'agriculture, comme le département de physiologie expérimentale à côté de celui de zoologie. La physiologie ou physique végétale méritait d'autant mieux cette justice que c'est une des sciences qui ont le plus à faire, et que la plupart des botanistes, absorbés par les questions de classsifications et de morphologie, négligent beaucoup trop.

Il est vrai que les laboratoires doivent satisfaire *à deux* ordres de besoins, l'enseignement pratique de la science et son développement par des recherches nouvelles. Mais il n'était pas nécessaire pour cela de constituer une hiérarchie de laboratoires et de directeurs, qui excitera plus d'une jalousie. Quand un professeur aura formé un bon élève dans son laboratoire d'enseignement, pourquoi le lui enlever pour le placer auprès d'un collègue? Sans doute il est impossible que tous les laboratoires aient en fait la même richesse et la même importance; mais en droit ils devraient être tous des laboratoires de recherches. Il faut que chaque professeur puisse réunir autour de lui une petite école de travailleurs qui s'inspire de ses idées et applique ses théories. C'est ainsi qu'on formerait de véritables centres scientifiques dont la rivalité serait une nouvelle condition de progrès et qui assurerait le développement de chacune des tendances d'une même science.

Un laboratoire de recherches ne vaut que par son chef. Le professeur dont l'enseignement et les idées restent dans les sentiers plus ou moins battus se trouverait, par la force des choses, n'avoir qu'un laboratoire d'enseignement. Au contraire, celui qui apporte des théories grandes et fécondes attirerait bientôt autour de lui les jeunes savants, fût-il à l'École de pharmacie. Cette répartition naturelle pourra-t-elle se produire si l'on classe les laboratoires en réservant tous les avantages à certains d'entre eux? Tous ces points de vue seront-ils également représentés? Si le chef du laboratoire de recherches devient trop vieux, pourra-t-on le remplacer? Et s'il est question d'établir un autre laboratoire à côté du sien, oublie-t-on que c'est souvent lui seul que l'on consultera sous le nom du conseil supérieur?

Pour atteindre le but qu'on se proposait dans les labora-

ce qui est facile dans la plupart des cas, puis de répartir entre eux les crédits annuels proportionnellement au nombre des jeunes savants qu'ils auraient su attirer auprès d'eux et à l'importance des travaux exécutés (1). Laissez ceux qui veulent se consacrer à la science choisir leurs maîtres le plus librement possible. Voilà le principe qui a fait la fortune scientifique de l'Allemagne, et qui avait déjà créé chez nous deux laboratoires aussi féconds et aussi vivants que ceux d'outre-Rhin, les laboratoires de M. H. Sainte-Claire Deville et de M. Wurtz. On vient récemment de féconder le laboratoire de physique de la Sorbonne en lui donnant toute l'extension nécessaire. C'est dans cette voie seulement qu'il fallait marcher, et il est probable, du reste, qu'on y reviendra bientôt. L'École pratique des hautes études a un mécanisme trop compliqué et se compose d'éléments trop hétérogènes pour subsister longtemps sous sa forme actuelle. Il en restera des améliorations pratiques dans l'enseignement des sciences, une dotation moins insuffisante des anciens laboratoires et l'établissement de quelques laboratoires nouveaux.

RAPPORT DE M. DURUY, MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.

Dans l'ordre de l'érudition et des sciences, la France, depuis nos grands critiques du XVIe siècle et les illustres savants du XVIIe, a donné l'impulsion à l'Europe savante plus souvent qu'elle ne l'a reçue. Elle la donne encore aujourd'hui dans certaines directions. Toutefois les efforts accomplis à l'étranger pour renouveler les études d'histoire et de philologie, ceux qu'on fait partout, à cette heure, en Amérique comme en Allemagne, en Russie comme en Angleterre, pour constituer, à grands frais, ces arsenaux de la science qu'on appelle des laboratoires, les écoles enfin qui se forment autour des maîtres renommés et qui assurent la perpétuité du progrès scientifique, sont une sérieuse menace contre une de nos ambitions les plus légitimes.

Paris renferme de magnifiques établissements auxquels se rattachent les noms de François Ier, de Richelieu et de Louis XIV, et nous avons de riches bibliothèques, des musées incomparables, des institutions au sein desquelles les savants trouvent la plus ambitionnée des récompenses, en même temps que, pour encourager leurs travaux, le budget ouvre à la science des crédits qui, malgré leur faiblesse, témoignent de la résolution du gouvernement et des grands corps de l'État de ne point abandonner ce patronage des lettres et des sciences qui a été l'honneur de l'ancienne France. Mais ces établissements, construits à un autre âge, ne répondent plus à tous les besoins nouveaux; nos maîtres, trop souvent dépourvus des instruments et des appareils qui sont devenus de si puissants moyens de découvertes ou d'enseignement, se regardent comme désarmés en face de leurs rivaux, et les récompenses dont le souverain, l'Institut et l'administration de l'instruction publique disposent viennent à la suite des études heureuses; elles ne les provoquent pas, si ce n'est par l'émulation qu'elles excitent. Or, il est de l'intérêt aussi bien que de la gloire de la France de susciter le progrès dans toutes les branches des hautes études, comme elle le fait pour les plus humbles.

Il ne sera point nécessaire, pour y parvenir, d'imposer au pays de lourds sacrifices. Car si la Sorbonne, le Muséum d'histoire naturelle, l'École de médecine ont besoin d'agrandissements

(1) La physique seule exige, avant de commencer toute recherche, un fonds considérable d'instruments. Mais plusieurs de nos établissements sont pourvus de collections suffisantes qu'on utiliserait mieux si l'on avait des crédits annuels pour subvenir aux frais des expériences.

charge momentanée pour le budget extraordinaire.

Ce que la France a donné, depuis la renaissance, aux lettres, aux sciences et aux arts, forme un capital qu'aucune autre nation ne possède. Mais ce capital ne rend pas tout ce qu'on est en droit d'en attendre. De simples mesures administratives, une organisation nouvelle et de faibles crédits ajoutés au budget ordinaire produiront peut-être des effets inespérés. Parmi ces mesures, les plus importantes me semblent être celles que j'ai l'honneur de soumettre, avec les deux projets de décrets ci-joints, à l'approbation de Votre Majesté. Je ne les présente à l'empereur qu'après m'être assuré, par une longue et minutieuse enquête, que ces décrets répondent aux vœux des hommes les plus compétents.

Des exercices didactiques dans les Facultés des lettres, et des laboratoires d'enseignement dans les Facultés des sciences.

Il serait inutile de dissimuler que, pour les lettres savantes, notre enseignement supérieur promet plus qu'il ne donne, non par la faute des professeurs, mais par celle de nos mœurs scolaires. Les maîtres s'adressent à un public qui peut varier à chaque leçon, et qui, venu pour écouter pendant une heure une parole habile, serait rebuté par l'aridité d'exercices purement didactiques. Ils sont donc préoccupés de donner à leurs leçons une forme très-étudiée. . . . .

Ce que je viens de dire pour les lettres est plus applicable encore à l'enseignement des sciences. Dans les cours scientifiques, il faudrait exercer davantage nos étudiants aux pratiques particulières à chaque genre de recherches, car toute science, moins l'analyse mathématique, a ses exercices nécessaires. Les leçons orales faites devant une nombreuse assistance par des hommes de talent sont pour les sciences tout aussi importantes que pour les lettres; mais elles ne suffiront jamais à faire un physicien, un chimiste ou un naturaliste, parce que la parole n'est même pas toujours la moitié de l'enseignement; parce que, bien souvent, la meilleure leçon du plus habile professeur ne vaudra pas une expérience que l'auditeur aura faite lui-même; parce que, enfin, il faut, en mille cas, que les yeux voient et que les mains touchent.

La science, en effet, est bien un corps de doctrine qu'on peut apprendre dans la salle des cours, mais elle est aussi un instrument qu'il faut manier, et, pour savoir l'employer, il ne suffit pas d'en entendre parler, on doit s'exercer à en faire usage. Pour les établissements dont l'enseignement mène directement à une profession, tels que les Facultés de médecine et les écoles supérieures de pharmacie, les exercices pratiques: dissections, analyses chimiques, manipulations, cliniques, etc., sont une partie essentielle du cours normal des travaux scolaires. Quel que soit le nombre des élèves, l'État leur doit, à tous, ces moyens d'étude. Il n'en est pas de même dans nos Facultés des sciences et dans nos grands établissements scientifiques. Chacune de nos chaires de chimie, de physique et d'histoire naturelle possède bien un *laboratoire d'enseignement* où se préparent les expériences nécessaires à la leçon du professeur; mais ces laboratoires, qu'une augmentation de crédit obtenue au budget de 1869 permettra d'accroître et de pourvoir des appareils nécessaires, sont aujourd'hui fermés aux étudiants et doivent leur être ouverts. Ils ne le seront pas assurément aux trois ou quatre cents auditeurs de certains cours, dont la plupart ne viennent que pour entendre la leçon, mais à ceux qui se seront fait inscrire pour la licence, ou qui, à la suite d'un examen subi par-devant une des commissions dont il sera parlé plus loin, auront été admis comme candidats à l'*École pratique des hautes études*.

Des laboratoires de recherches.

Les *laboratoires d'enseignement* ainsi constitués seront la pépinière où les directeurs des *laboratoires de recherches*, que je

propose à Votre Majesté d'instituer viendront choisir leurs auxiliaires.

Le savant n'a pas seulement besoin d'un lieu où il puisse travailler et d'appareils qui sont les instruments nécessaires de son travail, il lui faut encore des auxiliaires qui l'assistent dans ses investigations. Un vrai laboratoire scientifique se compose donc de deux éléments : les instruments et les appareils les plus perfectionnés; les collaborateurs les plus intelligents. Avec de l'argent on aura les premiers : c'est l'objet du décret sur les *laboratoires d'enseignement et de recherches*, et le Corps législatif vient de s'associer à la pensée du gouvernement en votant, pour 1868 et 1869, les crédits nécessaires; avec une bonne organisation on aura les seconds.

Le laboratoire de recherches établi de cette manière ne sera pas utile au maître seul; il le sera bien plus encore aux élèves, et par conséquent il assurera les progrès futurs de la science. Alors on verra des étudiants, pourvus déjà de connaissances théoriques étendues, initiés dans les *laboratoires d'enseignement* aux premières manœuvres des instruments, aux manipulations élémentaires et aux exercices que j'appellerai classiques, se grouper en petit nombre autour d'un maître éminent, s'inspirer de son exemple, s'exercer sous ses yeux à l'art d'observer et aux méthodes d'expérimentation. Associés à ses études, ils ne laisseront perdre aucune de ses pensées, l'aideront à aller jusqu'au bout de ses découvertes, et peut-être commenceront à en faire avec lui. Ainsi en est-il arrivé déjà dans les trois ou quatre *laboratoires de recherches* que nous possédons. C'est avec des institutions de ce genre que l'Allemagne a trouvé le moyen d'arriver à ce large développement des sciences expérimentales que nous étudions avec une sympathie inquiète. Souvent le même savant sera tout à la fois le professeur de qui relèvera le *laboratoire d'enseignement* et le directeur du *laboratoire de recherches*, tout comme les deux laboratoires pourront exister dans le même local. On ne voit à cette confusion que des avantages pour la science et une économie pour les bâtiments.

En votant le nouveau crédit pour les *laboratoires de recherches*, le conseil d'État avait demandé que ces laboratoires, dont la dépense allait être à la charge de l'État, devinssent l'objet d'un règlement particulier; le projet de décret soumis à Votre Majesté répond à ce désir. Des hommes considérables, les secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, les chefs de nos grands établissements scientifiques et des professeurs du haut enseignement, formeront un conseil qui éclairera le ministre sur la création et le développement de ces laboratoires, sur les savants qui en devront avoir la direction, sur les ressources qui pourront leur être affectées.

Personne ne songe à demander l'abrogation de la loi sur le cumul; mais le conseil d'État a accueilli avec faveur la pensée d'encourager la séparation des chaires et des fonctions, en assurant un traitement suffisant à ceux de nos savants qui consacreraient à un seul enseignement toutes les forces de leur intelligence. La création des *laboratoires de recherches* permettra d'entrer dans cette voie par l'attribution d'une rémunération particulière aux savants qui en recevraient la direction, et donneraient ainsi à un nouveau service plus de temps qu'ils n'en donnent à leurs leçons réglementaires. La condition essentielle de ces laboratoires sera, pour les savants qui en seront chargés, l'entière liberté de diriger leurs travaux et les études de leurs élèves, en dehors de tout programme officiel, dans la voie qu'ils jugeront la plus profitable à la science.

Les deux ordres de laboratoires dont il vient d'être parlé répondront, pour le service public, à deux besoins très-distincts : la *diffusion* et le *progrès* de la science, et, pour les étudiants, à des aptitudes très-différentes, puisque les uns n'ont besoin que de l'*esprit de compréhension* qui fait saisir et s'approprier les connaissances enseignées, tandis que d'autres, animés de l'*esprit de recherche et d'invention*, feront peut-être avancer la science, si l'on met à leur disposition les instruments indispensables aux investigations scientifiques.

De l'école pratique des hautes études.

En donnant à nos savants, par la création de *laboratoires de recherches*, les moyens de développer leurs travaux et d'enrichir la science de découvertes nouvelles, le gouvernement fait, en faveur du présent, tout ce qu'il lui est possible de faire pour provoquer le progrès scientifique; il reste à en assurer l'avenir en cherchant parmi les élèves à préparer d'avance les héritiers des maîtres.

Le jeune homme qui sent en lui la flamme secrète où le génie peut-être s'allumera; celui qui a achevé les études générales, ou dont l'esprit y répugne; celui que ne tentent point les espérances d'une carrière lucrative, ou qui, du sein même d'une profession déjà conquise, est irrésistiblement attiré vers la science pure, celui-là ne rencontre pas dans nos établissements scientifiques tous les moyens qui lui seraient nécessaires pour aller rapidement et sûrement où sa vocation l'appelle. Au Collège de France, au Muséum, à la Sorbonne, à l'École de médecine, il trouve des maîtres éminents qu'il écoute, dans nos bibliothèques publiques des livres qu'il médite, dans nos collections des objets qu'il étudie. Mais il reste trop souvent sans direction précise, sans conseils particuliers, sans appui; et ce que ses livres ou ses maîtres lui enseignent, il ne peut le vérifier, le féconder pour lui-même par l'observation et l'expérience. Alors il reconnaît que le savant se forme, non pas seulement devant la chaire du professeur où le public vient s'asseoir, mais dans ces laboratoires qui présentement lui sont fermés, et au milieu de ces livres, de ces manuscrits, de ces collections où l'on devrait lui aprendre à chercher et à trouver la vérité qui s'y cache.

Parmi ces *auditeurs* de cours, qui ne voient la science que de loin, il en est sans doute dont l'énergie s'accroît dans l'isolement même où ils sont laissés, et qui, à force de volonté, savent pourvoir à tout, sans posséder rien. C'est le petit nombre. Combien sont arrêtés, découragés par les obstacles, et, même *pour ceux* qui en ont triomphé, que d'efforts et de temps perdu! Des maîtres habiles et dévoués à la science découvrent parfois ces vocations opiniâtres et les encouragent. C'est ainsi que nous avons depuis trente ans une école de chimie qui a donné à la chimie française un rang si élevé dans le monde savant. Ayons des écoles semblables pour les autres sciences, et nous obtiendrons les mêmes résultats. C'est le but que se propose le second projet de décret par la création, auprès de nos établissements d'enseignement supérieur, d'écoles particulières dont la réunion formera l'*école pratique des hautes études*.

Il ne faudrait pas donner à ce mot d'*école pratique* sa signification ordinaire, qui ferait songer à une utilité industrielle. Il convient de le prendre dans le sens le plus élevé, et en tant que le travail des yeux et des mains est nécessaire dans ces études pour affermir et étendre les conceptions les plus hautes ou les plus délicates de l'esprit scientifique. Qu'est-ce que la chimie sans les manipulations, la physique et la physiologie sans les expériences, la botanique sans les herborisations?

L'école pratique des hautes études se divisera en quatre sections : 1° mathématiques; 2° physique et chimie; 3° histoire naturelle et physiologie; 4° sciences historiques et philologie (1).

Pour les sciences physiques et naturelles, l'organisation proposée est d'une utilité qui frappe les yeux; elle est moins évidente pour les sciences mathématiques et historiques. Cependant, en lisant les règlements particuliers aux élèves de ces deux sections, on verra qu'il est un grand nombre d'exercices utiles aux mathématiciens, soit qu'ils dirigent leurs études vers l'astronomie, soit qu'ils portent leurs calculs sur la mécanique rationnelle ou appliquée. Même pour l'analyse pure, ils ont besoin d'être dirigés et soutenus dans leurs travaux par des conférences, des interrogations, des conseils, et de prendre l'habitude de se tenir au courant de la science étrangère.

(1) Une cinquième section pourra être ultérieurement formée pour les études juridiques.

Ainsi ceux des élèves de la section de mathématiques qui seront admis à l'Observatoire impérial y suivront un ordre d'études qui les conduiront successivement à toutes les connaissances théoriques qu'exige l'*astronomie mathématique* et à l'usage de tous les instruments qu'emploie l'*astronomie d'observation*. Ils formeront donc une véritable école d'élèves astronomes qui nous manque encore. Les autres trouveront, au Collége de France et à la Sorbonne, non-seulement les savants cours qu'on y fait, mais, pour la *mécanique rationnelle*, des conférences où la leçon sera reprise, commentée, développée par d'habiles répétiteurs, et, pour la *mécanique appliquée*, des guides intelligents qui les mèneront aux usines renommées par leurs appareils mécaniques, leur en expliqueront les rouages et leur en feront lever le dessin. Les théories les plus profondes et les applications les plus délicates seront l'objet d'études persévérantes qui prépareront de vaillantes recrues à ces études de hautes mathématiques qui tiennent une si grande place dans la gloire scientifique de la France.

Pour la philologie, nos facultés n'enseignent que les langues classiques ; pour l'histoire, que l'histoire générale de l'antiquité, du moyen âge et des temps modernes. Le Collége de France, fidèle à son origine, a des chaires pour les diverses branches de l'érudition historique ; mais, là aussi, il se trouve des *auditeurs*, et il n'y a pas d'*élèves*. Le règlement arrêté pour cette section indique les travaux divers d'archéologie, de linguistique, d'épigraphie, de paléographie, de philologie comparée, de grammaire générale, d'histoire critique, etc., qui pourront être entrepris sous la direction de maîtres habiles et qui leur prépareront des émules et des successeurs. Comme représentants de cette série d'études, le secrétaire perpétuel de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, les directeurs des Archives de l'empire, de la Bibliothèque impériale, de l'École des chartes, les conservateurs des collections archéologiques du Louvre, et le doyen de la *Faculté des lettres*, feront nécessairement partie du conseil supérieur.

Bien que chacune des quatre sections entre lesquelles se divisera l'École pratique des sciences ait son objet particulier d'études et ses méthodes spéciales d'investigation, elles auront toutes un caractère commun : celui de former des *savants*. Ainsi, les six divisions de l'École normale supérieure (philosophie, histoire, littérature, grammaire, mathématiques, sciences physiques) ont un seul but, former des *professeurs*; et, réunies, elles constituent, malgré la diversité des études, une seule institution qui a conquis une grande place dans notre système d'instruction publique. Le caractère commun des quatre sections de l'École pratique permettra de même de les considérer comme autant de démembrements d'une seule institution, dont l'unité sera maintenue par le conseil supérieur institué à l'article 11, par le certificat qui pourrra être délivré, par le patronage que les commissions permanentes exerceront sur les élèves, par les avantages communs qui seront assurés à ceux-ci, enfin par le budget qu'a déjà constitué à cette École le vote du Corps législatif sur les propositions du gouvernement pour l'enseignement supérieur.

L'École pratique des hautes études ne s'enfermera pas dans les murs d'une seule maison. Elle est un externat dont les élèves suivent des cours différents, comme les étudiants en médecine assistent aux leçons normales dans la salle de la Faculté, aux cliniques dans les hôpitaux, aux exercices anatomiques dans les cabinets de dissection, aux études botaniques dans le jardin de l'École ou dans les parterres du Muséum ; enfin, aux herborisations qui se font dans la campagne. Il en est de même encore à l'École des beaux-arts, dont les élèves se répartissent entre divers ateliers de peintres et de sculpteurs.

Le principe qui a si bien réussi pour les cours d'adultes, pour l'enseignement secondaire des jeunes filles et les conférences publiques, c'est-à-dire l'emploi du personnel et du matériel existant, recevra une nouvelle application. Il ne faudra ni construction dispendieuse, ni un nouveau personnel administratif et enseignant. Les locaux seront les amphithéâtres et les laboratoires de nos grands établissements ; les professeurs, ceux du Collége de France, du Muséum, de la Sorbonne, etc. ; les leçons, celles des cours ordinaires. Seules, les conférences intérieures exigeront la présence et les soins de maîtres auxiliaires qui répéteront la leçon ou les expériences du professeur et, sous son contrôle, dirigeront les études des élèves. Aussi, en mettant à part la dépense pour les *laboratoires*, qui est d'utilité publique et d'urgente nécessité, l'école nouvelle peut être créée sans coûter pour le moment à l'État autre chose que l'indemnité à fournir aux répétiteurs et à ceux des élèves qui mériteraient d'en obtenir, à raison de circonstances particulières que le conseil appréciera, ou pour encourager une aptitude spéciale et constatée par des succès.

Il n'est pas à douter que des jeunes gens appartenant à nos familles aisées ne soient attirés vers cette école par son caractère libéral, sans intention de réclamer, au moment d'en sortir, une fonction publique. Les écoles pratiques du Muséum, par exemple, aideront à constituer auprès de ce grand établissement une véritable Faculté agronomique pour l'enseignement des lois de la production animale et végétale que tout grand propriétaire ou directeur d'exploitation rurale doit connaître.

Pour les autres élèves, l'école pourra leur ouvrir les rangs de l'Université à titre de chargés de cours dans l'enseignement secondaire, à titre de préparateurs ou d'aides-naturalistes dans l'enseignement supérieur, et, comme la dispense qui peut leur être accordée en vertu de l'article 10 leur facilite l'accès du doctorat, ils auront le droit, après avoir pris ce dernier grade, de prétendre aux chaires du haut enseignement. Les besoins de l'Université, pour ses divers services d'enseignement ou d'administration, s'accroissent tous les jours, les candidats habiles sont donc assurés d'y trouver place. Enfin la grande industrie réclamera certainement quelques-uns de ces élèves quand il aura été démontré que leur certificat d'études signifie l'habileté pratique jointe aux connaissances théoriques les plus élevées.

Avec l'organisation flexible qui lui est donnée, la nouvelle école aura facilement des annexes en province. Les savants dont les travaux honorent les facultés des départements pourront donc participer aux avantages que les deux décrets promettent à la science française.

DÉCRET RELATIF AUX LABORATOIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHES.

ART. 1er. — Les *laboratoires d'enseignement* affectés aux chaires des établissements scientifiques dépendant du ministère de l'instruction publique sont ouverts, pour les manipulations et les expériences classiques, aux candidats à la licence, aux élèves de l'École pratique des hautes études et aux aspirants à ladite École. — Si, à raison de l'insuffisance des locaux, toutes les demandes ne peuvent être accueillies, le professeur, à la suite d'un examen, classe les candidats, et les admissions ont lieu dans l'ordre de mérite. — Les élèves de l'École pratique des hautes études sont admis de droit dans les laboratoires d'enseignement.

ART. 2. — Des *laboratoires de recherches*, destinés à faciliter les progrès de la science, peuvent être institués, après avis du conseil supérieur de l'École pratique des hautes études, à titre permanent ou temporaire, auprès des établissements scientifiques dépendant du ministère de l'instruction publique, au moyen du crédit spécial porté à cet effet au budget de l'État. — Le ministre, après avis ou sur la proposition du conseil supérieur, peut allouer une indemnité annuelle au directeur d'un laboratoire de recherches.

ART. 3. — Le directeur propose à l'agrément du ministre les collaborateurs qu'il croit utile de s'adjoindre et les élèves qu'il reçoit dans son laboratoire.

ART. 4. — Le ministre, après avis ou sur la proposition du conseil supérieur, peut allouer des indemnités annuelles aux savants qui auraient institué des laboratoires de recherches indépendants des établissements publics.

ART. 5. — Le ministre peut, après avoir pris l'avis du conseil supérieur, accorder des indemnités aux élèves des laboratoires de recherches appartenant à l'État, ou aux élèves des laboratoires libres qui s'en seront rendus dignes par leur travail.

Art. 6. — Le ministre de l'instruction publique détermine annuellement les ressources affectées à chacun des laboratoires de recherches pour les dépenses du personnel et du matériel.

Décret relatif a l'École pratique des hautes études.

Art. 1er. — Il est fondé à Paris, auprès des établissements scientifiques qui relèvent du ministère de l'instruction publique, une *École pratique des hautes études* ayant pour but de placer, à côté de l'enseignement théorique, les exercices qui peuvent le fortifier et l'étendre.

Art. 2. — Cette école est divisée en quatre sections : 1° Mathématiques; 2° physique et chimie; 3° histoire naturelle et physiologie; 4° sciences historiques et philologiques. — Les professeurs ou les savants chargés de diriger les travaux des élèves prennent, dans la seconde et troisième section, le titre de directeurs de laboratoire; dans la première et la quatrième, celui de directeurs d'études. — Des avantages analogues à ceux qui sont faits aux directeurs de laboratoire de recherches, par le décret en date de ce jour sur les laboratoires, peuvent être attribués, dans la même forme, aux directeurs d'études.

Art. 3. — Il n'est exigé aucune condition d'âge, de grade ou de nationalité pour l'admission à l'École pratique ; mais les candidats sont soumis à un stage. Admis provisoirement sur l'avis du directeur qui les accepte, leur situation est régularisée après une épreuve de trois mois au plus, sur le rapport de ce directeur et l'avis de la commission permanente mentionnée à l'article 9. L'admission est prononcée par le ministre. Un élève peut appartenir à plusieurs sections.

Art. 4. — La jouissance des avantages que confère l'inscription à l'École pratique ne peut pas dépasser trois ans. — Les élèves de l'École pratique sont admis aux leçons normales faites par les professeurs dans leurs cours publics, aux conférences particulières faites, soit par les professeurs eux-mêmes, soit par des répétiteurs, et aux travaux des laboratoires d'enseignement. — Ils sont tenus : 1° de fournir des travaux écrits sur des sujets déterminés et des analyses d'ouvrages de science ou d'érudition publiés en France ou à l'étranger; 2° d'effectuer sur des sujets déterminés des recherches dans les bibliothèques et les musées, et d'en produire les résultats par écrit. — Les élèves de la section d'histoire naturelle et de physiologie prennent part aux excursions scientifiques dirigées par les professeurs ; ceux des sections mathématique, de physique et de chimie, aux visites des usines renommées par leur outillage mécanique ou par leurs procédés de fabrication.

Art. 5. — Une indemnité annuelle peut être accordée par le ministre, après avis du conseil supérieur, à des élèves de l'*École pratique des hautes études.*

Art. 6. — Les élèves de l'École pratique des hautes études qui l'ont mérité par leurs travaux peuvent, par décision spéciale prise sur l'avis du conseil supérieur de l'École, être dispensés des épreuves de la licence pour se présenter au doctorat.

Art. 7. — Des élèves sortant de l'École normale supérieure et des agrégés de l'enseignement public peuvent être désignés par le ministre pour être attachés exclusivement pendant deux ans, en qualité de préparateurs auxiliaires ou de répétiteurs, à l'une des sections de l'École pratique des hautes études. — Durant ces deux années, les premiers jouissent des avantages assurés aux élèves de l'École normale supérieure et d'une indemnité de 1200 francs; les seconds, d'une indemnité de 2000 francs.

Art. 8. — Des missions scientifiques à l'étranger sont confiées par le ministre de l'instruction publique à des répétiteurs ou à des élèves de l'École pratique des hautes études.

Art. 9. — Les élèves de chacune des sections de l'École pratique sont placés sous le patronage d'une commission permanente de cinq membres, nommés pour trois ans par le ministre de l'instruction publique et choisis parmi les directeurs de laboratoire et d'études. — Ces commissions prennent les mesures nécessaires pour obtenir l'entrée des élèves dans les laboratoires de recherches ou dans les autres lieux d'études où elles jugent utile de les placer. — Elles donnent, quand il y a lieu, leur avis sur la publication, avec le concours ou aux frais de l'État, des travaux effectués par les élèves. — Elles proposent en faveur des élèves, après les avoir soumis à un examen spécial, en tenant compte des travaux qu'ils ont publiés ou produits, les indemnités, les dispenses et les missions mentionnées aux articles 5, 6 et 8. Le ministre prononce après avis du conseil supérieur institué par l'article 10 du présent décret. — Les directeurs des laboratoires dans lesquels les élèves de l'École sont reçus siégent dans la commission avec voix délibérative toutes les fois qu'il s'agit de question intéressant leur laboratoire. — Les directeurs des laboratoires et d'études rendent annuellement compte par un rapport écrit des travaux accomplis sous leur direction et des titres acquis par chaque élève. Ces rapports sont soumis par la commission au ministre, pour être transmis au conseil supérieur.

Art. 10. — Le conseil supérieur de l'École est formé des secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences et de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, de l'administrateur du Collége de France, des directeurs du Muséum, de l'Observatoire, de l'École normale, des Archives de l'empire et de l'École des chartes, de l'administrateur général de la Bibliothèque impériale, des conservateurs du musée des antiques, des doyens des Facultés des sciences, des lettres et de médecine, et des membres des quatre commissions instituées par l'article 9. — Le conseil donne son avis sur les questions suivantes : 1° Subventions pour la création et le développement des laboratoires de recherches ; 2° indemnités à allouer aux directeurs des laboratoires de recherches ou aux directeurs d'études dépendant de l'École pratique; 3° indemnités à allouer aux élèves les plus méritants de l'École pratique, ou à ceux des laboratoires particuliers ; 4° dispense du grade de licencié à accorder aux élèves de l'École qui aspirent au doctorat ès lettres et ès sciences; 5° missions scientifiques à l'étranger, prévues par l'article 8 ; 6° désignation des élèves sortants qui peuvent être, à raison de leur aptitude, chargés de cours dans l'enseignement secondaire, ou être employés comme préparateurs dans l'enseignement supérieur, comme aides-naturalistes au Muséum, aides-astronomes à l'Observatoire impérial, bibliothécaires, etc. — Le conseil peut être appelé à donner son avis sur les questions générales concernant l'École pratique des hautes études. — Il se réunit, sur la convocation du ministre, au commencement et à la fin de chaque année scolaire.

Art. 11. — Sur la proposition du directeur de laboratoire ou d'études auprès duquel ils ont pris part aux travaux de l'École, et après avis de la commission permanente, les candidats au doctorat peuvent être autorisés, par le ministre, à préparer leur thèse de docteur dans les locaux de l'École.

Art. 12. — Les directeurs de laboratoire ou d'études peuvent donner des certificats d'études à leurs élèves. Ces certificats sont délivrés, au nom de l'École, par la commission permanente.

Art. 13. — Tous les ans, après examen des rapports des directeurs de laboratoire et d'études, sur l'avis de la commission permanente et le conseil supérieur entendu, le ministre donne des missions aux élèves, leur accorde des médailles, des mentions, des subventions ou des récompenses spéciales.

Art. 14. — Il est pourvu par des règlements intérieurs, *préparés* par les commissions permanentes, aux dispositions particulières à chacune des sections de l'École pratique.

Art. 15. — Par décision du ministre, rendue après avis du conseil supérieur, l'École pratique des hautes études peut comprendre des annexes instituées auprès des établissements scientifiques des départements. Les directeurs de laboratoire ou d'études et leurs élèves jouissent dans ce cas des avantages énumérés au présent décret.

Règlements intérieurs (1).

Section des mathématiques.

Art. 1er. — La section des sciences mathématiques comprend : 1° des élèves attachés à l'Observatoire impérial; 2° des élèves suivant les cours du Collége de France et de la Faculté des sciences.

Art. 2. — L'Observatoire peut recevoir des élèves libres, dont le nombre est limité par les conditions du service régulier de l'établissement.

Art. 3. — Les candidats, français ou étrangers, doivent justifier de la connaissance approfondie des matières comprises dans les cours de mathématiques spéciales des lycées. Ils contractent l'engagement de rester au moins trois ans à l'Observatoire, et de se conformer aux règles établies pour les aides-astronomes et astronomes adjoints.

Art. 4. — L'admission est prononcée par le ministre, sur la proposition du directeur et après avis du conseil de l'Observatoire.

Art. 5. — Les élèves libres ne peuvent être admis à s'exercer aux observations avant d'avoir passé au bureau des calculs un temps suffisant pour acquérir l'habitude des calculs numériques. Ils peuvent passer aux observations extraméridiennes après une suffisante pratique des observations méridiennes. Ils sont ensuite exercés à l'emploi des instruments transportables : cercles méridiens, théodolites, sextant, etc., et aux opérations géodésiques.

Art. 6. — Ils disposent d'une partie de leur temps, fixée par un règlement, pour continuer leur instruction théorique en suivant des cours extérieurs. Ils doivent, à la fin de leur première année, posséder

(1) Les règlements intérieurs, qui n'ont pas encore été soumis à l'épreuve de l'expérience, ne sont pas définitivement arrêtés, et ne sont publiés que pour faire connaître aux élèves l'ordre provisoire des travaux.

les éléments du calcul différentiel et intégral, de la géométrie descriptive et de l'astronomie. A la fin de la deuxième année, ils doivent connaître les principes de la mécanique générale, la théorie du mouvement elliptique, y compris la détermination des orbites, et avoir acquis la pratique du dessin linéaire. Pendant la troisième année, ils étudieront la géodésie et les principes du calcul des perturbations planétaires.

Art. 7. — Le directeur propose au ministre, après avis du conseil, la radiation des élèves libres qui seraient reconnus incapables de continuer utilement leur séjour à l'Observatoire.

Art. 8. — Les élèves libres qui auront satisfait aux prescriptions portées dans les articles précédents recevront, après avis du conseil, un certificat constatant la part prise par eux aux travaux de l'Observatoire et leur degré d'aptitude.

Art. 9. — Les élèves candidats à l'École pratique des hautes études, pour la section des mathématiques, qui désirent être attachés au Collége de France et à la Faculté des sciences, doivent préalablement être soumis au stage prescrit par l'article 3 du décret portant création de l'École pratique des hautes études.

Art. 10. — Ils suivent certains cours désignés par la commission permanente ; ils prennent part à des conférences faites par des répétiteurs spéciaux sous la direction des professeurs ; ils font, avec l'aide de ces répétiteurs, des travaux scientifiques consistant en analyses de travaux français ou étrangers ; enfin ils font, sous la direction de la commission, des recherches personnelles.

Art. 11. — Tous les trois mois, les élèves soumettent les résultats de leurs travaux à la même commission, qui en rend compte annuellement au conseil supérieur.

Section de physique et de chimie.

Art. 1er. — Les élèves pour la section de physique et de chimie qui aspirent à être admis dans les laboratoires d'enseignement doivent, conformément à l'article 3 du décret relatif à la création d'une École pratique des hautes études, prouver qu'ils possèdent pleinement les connaissances générales de physique, de chimie et surtout de mathématiques exigées pour l'obtention du diplôme de bachelier ès sciences. Ceux d'entre eux qui justifieraient de ce diplôme, ou du diplôme de fin d'études de l'enseignement secondaire spécial, seront dispensés de cet examen, *à moins* que, l'insuffisance du local ne permettant pas de les admettre tous, un classement entre eux ne soit nécessaire.

Art. 2. — Les candidats provisoirement admis dans les laboratoires d'enseignement n'obtiendront une admission définitive qu'après que le professeur dirigeant le laboratoire aura constaté que leur instruction préliminaire est réellement suffisante et qu'ils ont de l'aptitude à suivre avec fruit les exercices pratiques.

Art. 3. — Ces exercices pratiques sont gradués et réglés, pour chaque année d'études, par la commission permanente, complétée conformément au paragraphe 5 de l'article 9 du décret. Pour la physique, ils portent principalement sur la détermination des constantes, la vérification des lois physiques, etc.; pour la chimie, ils ont pour objets la préparation des composés minéraux ou organiques, la purification des produits destinés à servir de réactifs, l'analyse chimique qualitative, et enfin le dosage des corps les plus importants et l'analyse quantitative.

Les élèves feront aussi des extraits et traductions de mémoires désignés par le professeur, des comptes rendus de leurs recherches analytiques, la description et la discussion des procédés employés dans les usines qu'ils auront été admis à visiter. Ils devront, en outre, prêter leur concours à la préparation des leçons publiques et des conférences. Ceux des élèves qui auraient, dans les laboratoires d'enseignement, fait preuve d'une aptitude plus spéciale pour les études pratiques de physique et de chimie seront, sur la présentation du professeur dirigeant le laboratoire d'enseignement, proposés aux directeurs des laboratoires de recherches pour qu'ils soient admis à aider le professeur dans ses expériences, ou à se livrer eux-mêmes à des travaux d'investigation.

Art. 4. — Tous les trois mois le professeur, directeur du laboratoire d'enseignement, rend compte à ses collègues de la commission permanente des travaux des élèves placés sous sa direction, et propose, s'il y a lieu, le remplacement de ceux qui n'auraient pas montré une aptitude au travail ou une assiduité suffisante.

Art. 5. — Les élèves subissent, à la fin de chaque année, un examen spécial devant la commission, et ils ne sont admis à passer de première en seconde et de seconde en troisième année que lorsque cette épreuve a été subie de manière à montrer leur aptitude à profiter des études ultérieures. L'examen de sortie, qui aura lieu à la fin de la troisième année d'études, et qui pourra donner lieu à l'obtention d'un certificat ou diplôme, sera de la force de l'examen de licence ès sciences physiques ; outre les épreuves orales, les épreuves pratiques y auront une large part. Les examinateurs, dans le cas où les élèves auraient donné à leurs études une direction plus spéciale vers la physique ou vers la chimie, pourront, dans leur jugement, tenir compte de la supériorité de connaissances dans une branche d'études pour compenser une certaine insuffisance dans l'autre branche. Pendant toute la durée de leurs études dans le laboratoire, les élèves devront se conformer aux règlements spéciaux de ce laboratoire, dont le professeur a la direction exclusive sous sa responsabilité. La participation des élèves aux exercices pratiques faits dans les laboratoires d'enseignement est gratuite. Toutefois, en ce qui concerne la chimie, les élèves devront avoir à eux quelques-uns des appareils et des instruments les plus usuels. Ils déposent, en outre, en entrant, une somme de 50 francs destinée à réparer les instruments de physique qu'ils auraient détériorés, faute de soin, et à remplacer les ustensiles de chimie qu'ils auraient brisés par leur faute, et à couvrir une partie des dépenses nécessaires pour l'achat des produits chimiques. L'excédant leur sera rendu à la fin de leurs études.

Section d'histoire naturelle et de physiologie.

Art. 1er. — Les travaux sont de deux ordres : 1° les travaux de recherches ayant pour objet l'avancement des sciences naturelles ; 2° les travaux préparatoires destinés à donner aux élèves les connaissances pratiques nécessaires à ceux qui veulent approfondir l'étude de ces sciences. — Les travaux de recherches se font dans les laboratoires dépendant des chaires du Muséum d'histoire naturelle ou d'autres établissements d'enseignement supérieur désignés à cet effet par le ministre de l'instruction publique. Ils sont placés sous la direction du professeur titulaire de la chaire. — Les travaux préparatoires consistent en dissections, observations microscopiques, déterminations spécifiques, manipulations et autres exercices. Ces travaux se font principalement dans des laboratoires d'enseignement annexés aux établissements susmentionnés et sont dirigés par les professeurs désignés par le ministre, conformément à des règles particulières adoptées pour chacun desdits laboratoires.

Art. 2. — Pour être admissible dans ces laboratoires, il faut justifier des connaissances nécessaires pour profiter de l'enseignement qui y est donné. Nul ne peut être admis définitivement qu'après deux mois de travaux dans un des laboratoires sus-mentionnés.

Art. 3. — La section d'histoire naturelle et de physiologie comprend les études afférentes : 1° à la géologie ; 2° à la botanique ; 3° à la zoologie ; 4° à la physiologie expérimentale ; 5° à la chimie considérée comme auxiliaire des sciences naturelles.

Art. 4. — Dans le département de la géologie, les travaux préparatoires consistent : 1° en exercices relatifs à l'emploi du chalumeau et du goniomètre pour la détermination des espèces minérales. Ces études se font sous la direction des professeurs de minéralogie du Muséum et de la Faculté des sciences dans les laboratoires dépendant de leurs chaires ; 2° en exercices relatifs à la détermination des roches et des fossiles caractéristiques de divers terrains, qui se font sous la direction des professeurs de géologie et de paléontologie des deux établissements sus-nommés, dans les laboratoires d'enseignement dépendant de leurs chaires ; 3° en excursions géologiques dirigées par les susdits professeurs. — Les élèves devront aussi copier des coupes et cartes géologiques, analyser des mémoires spéciaux et traiter des questions déterminées par le professeur. — Les travaux de recherches se font, soit dans les laboratoires des professeurs de minéralogie, de géologie et de paléontologie sus-nommés, soit à l'aide de voyages dans des régions déterminées.

Art. 5. — Dans le département botanique, les travaux préparatoires consistent : 1° en herborisations dirigées par l'un des professeurs du Muséum et suivies de conférences consacrées à l'examen et au classement méthodique des plantes recueillies par chaque élève ; 2° en dissections, observations microscopiques et manipulations diverses employées dans l'étude de l'anatomie et de la physiologie des plantes : ces exercices se font dans les laboratoires d'enseignement dépendant des chaires de botanique des susdits établissements ; 3° en exercices graphiques, analyses de mémoires originaux, etc. — Les travaux de recherches peuvent avoir pour objets : la rédaction d'une monographie descriptive, la flore d'une région ou partie de région déterminée, l'élucidation d'un point d'anatomie ou de physique végétale, l'application des données de la science à la solution de questions agronomiques, etc.

Art. 6. — Dans le département de la zoologie, les travaux préparatoires consistent : 1° en dissections, observations microscopiques et manipulations anatomiques diverses, coordonnées de manière à être en rapport avec l'enseignement des différentes branches de la zoologie et avec l'enseignement de l'anatomie comparée ; 2° en exercices relatifs à la constatation des caractères zoologiques et à l'emploi des méthodes de classification ; 3° en exercices graphiques ; 4° en analyses de mé-

moires originaux, descriptions de pièces anatomiques, etc. — Ces travaux, destinés à l'instruction des élèves, se font dans des laboratoires d'enseignement dépendant des chaires de zoologie ou d'anatomie du Muséum et dans les galeries du même établissement, sous la direction des professeurs désignés par le ministre.

Les travaux de recherches peuvent se faire sous la direction de tous les professeurs de l'ordre des sciences zoologiques du Muséum et de la Faculté des sciences, soit dans les laboratoires et autres locaux dépendant des chaires occupées par ces professeurs, soit au moyen d'excursions zoologiques faites principalement sur les bords de la mer.

ART. 7. — Pour la physiologie expérimentale, il est institué auprès de l'un des établissements sus-nommés : 1° Un laboratoire d'enseignement dans lequel le professeur fait répéter devant les élèves ou fait exécuter par ceux-ci une série d'expériences classiques en rapport avec le sujet de son cours, des observations microscopiques, etc.; 2° un laboratoire de recherches consacré spécialement à des travaux d'investigation et placé sous la direction d'un professeur désigné par le ministre.

ART. 8. — L'étude pratique de la chimie, considérée dans ses rapports avec les sciences naturelles et avec les applications de ces sciences à la culture, se fait dans le laboratoire d'enseignement dépendant des chaires de chimie du Muséum d'histoire naturelle, et elle est placée sous la direction des professeurs titulaires de ces chaires. Les travaux de cet ordre consistent : 1° en manipulations; 2° en analyses de matières minérales, végétales et animales; 3° en recherches originales. — Les travaux d'investigation se font dans les laboratoires de recherches qui ressortiront des mêmes chaires.

ART. 9. — Le professeur dont chacun de ces laboratoires dépend en a l'administration ; il est chargé de tout ce qui concerne la discipline de ses élèves et la direction de leurs travaux. Tous les ans, il fait un rapport sur les résultats obtenus.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1).

(de l'Institut).

XV

Races libres — Application à l'histoire de l'homme.

J'ai encore plusieurs faits à vous soumettre relativement aux races marronnes; mais je le ferai brièvement, ainsi que j'y suis autorisé par les détails que je vous ai déjà donnés sur certaines d'entre elles.

Les chevaux libres ont été l'objet de quelques observations intéressantes. Le cheval, cet animal dont la domestication est si ancienne, a, lui aussi, repris sa liberté sur bien des points du globe. Vous connaissez en France même les chevaux demi-libres de la Camargue. Dans les steppes de l'Europe orientale et de l'Asie errent de nombreux troupeaux de *tarpans ;* c'est le nom que l'on donne dans le pays aux chevaux libres. Il en est de même dans l'Amérique du Nord, où on les appelle *mustangs*, et dans l'Amérique du Sud, où ils sont connus sous le nom d'*alzados*.

Il suffit de parcourir les descriptions trop sommaires des voyageurs, pour voir que, partout, ces animaux se distinguent de leurs frères vivant en domesticité par une tête plus grosse, des oreilles moins fines, des jambes plus fortes et un poil plus rude, tous caractères qui les rapprochent évidemment de la forme sauvage. Cependant, en Sibérie, les races libres ont le poil long et comme laineux ; il est quelquefois ras en Amérique ; enfin il paraît qu'il existe en Afrique des chevaux qui en sont complétement dépourvus. La couleur est aussi sujette à de nombreuses variations. En Asie, elle est ordinairement isabelle ou grise ; dans l'Amérique du Nord, les robes noires, grises, rouannes, tachetées, dominent; dans l'Amérique du Sud, le bai châtain est la couleur la plus commune. Ainsi le retour à la liberté est loin d'avoir donné aux chevaux l'uniformité qui serait la conséquence nécessaire d'un véritable retour au type sauvage.

Le bœuf est également redevenu libre sur plusieurs points de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique, ainsi que dans bien des îles. Une description détaillée de ces individus libres ainsi qu'une étude sérieuse de leurs squelettes seraient d'un haut intérêt. En effet, la souche première du bœuf est encore inconnue ; et peut-être le sera-t-elle longtemps encore, à moins que de nouvelles observations ne viennent confirmer un des passages de la lettre du P. Arnal, d'après lequel le bœuf sauvage existerait dans les montagnes de Mou-ping. Cependant, bien qu'il y ait sur ce point une lacune regrettable, et que, malheureusement, le travail dont je parle nous manque encore, il n'est pas difficile de constater que le bœuf, comme le chien et comme le cheval, n'a point marché vers l'uniformité du type en retournant à la vie sauvage.

En Europe, on peut dire qu'en dehors de la domestication complète, le bœuf est seulement à l'état demi-libre. Il vit ainsi en Écosse dans des parcs où l'homme ne le perd pas complétement de vue et lui donne encore certains soins. Le plus intéressant de ces parcs est celui de Shillingham, parce qu'il en est fait mention au XIIIe siècle, dès 1220, et qu'il contient la race qui paraît se rapprocher le plus du type sauvage. En effet, Rutimeyer, sur l'examen des crânes qu'il en a reçus, a déclaré qu'ils s'écartaient moins que tous les autres du crâne du *Bos primigenius*, c'est-à-dire de la souche probable de nos races actuelles.

Indépendamment de ces caractères ostéologiques, les bœufs de Shillingham présentent des particularités extérieures fort remarquables. Ils ont le pelage blanc, l'intérieur des oreilles d'un brun rougeâtre, les yeux bordés de noir, le museau brun, les pieds noirs, les cornes blanches, mais noires à leur extrémité. Ce serait là assurément une étrange livrée pour le type sauvage, attendu que l'ours blanc est presque le seul mammifère qui présente naturellement un corps couvert de poils blancs pendant toute l'année. Il faut ajouter toutefois que dans les parcs où vit cette race de bœufs blancs, il naît parfois des veaux qui n'ont plus cette couleur uniforme, et qui sont marqués aux joues et au cou de taches brunes ou bleues. Ceux-là, on les tue afin de conserver à la race toute sa pureté en maintenant ses caractères propres par une véritable sélection. Il est donc évident que ces bœufs de Shillingham représentent non point le type primitif, mais une race à demi-libre.

On remarque cependant que certaines races de bœufs accusent, en redevenant, libres, une tendance à prendre ce pelage blanc. Au dire d'Anson, on trouvait, dès 1741, aux îles Mariannes, de grands troupeaux sauvages d'animaux d'un blanc de lait, aux oreilles noires, qui vivaient en liberté, et descendaient évidemment des bœufs qui y avaient été importés par les Européens. Darwin rapporte que, sous un autre climat, et dans un autre océan, dans les îles Malouines, dont j'ai déjà eu l'occasion de vous parler, et qui sont situées par le 52e ou 53e degré de latitude sud, on rencontre aussi un

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544 et 559 et 579, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er et 8 août 1868.

des races domestiques. Mais remarquez que ces mêmes îles renferment des troupeaux libres de même origine et dont le pelage est brun, gris de plomb, ou même gris de souris, ce qui est une coloration extrêmement rare dans l'espèce bovine.

Les bœufs marrons des îles Malouines donnent lieu à quelques observations importantes, que j'emprunte encore à Darwin. D'abord ceux qui ont même pelage forment des troupeaux distincts, ne se mêlant point aux autres et vivant dans leurs quartiers séparés. Cependant dans les régions intermédiaires se trouvent des troupeaux mélangés, en sorte qu'ici, comme *partout*, nous rencontrons ces groupes intermédiaires par lesquels nous avons vu qu'on reliait aisément entre eux les types extrêmes appartenant à une même espèce. Ce n'est pas tout ; la race gris de souris présente une modification physiologique fort remarquable. L'époque de la gestation a changé pour elle, et quoiqu'elle habite les parties élevées de l'île, les génisses y sont en avance d'un mois sur celles des autres troupeaux.

Ainsi, dans une seule et même localité, non-seulement le *pelage* a varié de manière à caractériser des races, mais encore une fonction importante au plus haut degré accuse une de ces différences dont on n'eût pas manqué d'arguer et de tirer parti, si l'on avait eu à se demander comme pour le *chien*, si l'on n'était point en face de deux souches premières. Mais *il* n'y avait pas ici l'ombre d'un doute ; il était impossible d'ignorer que l'importation des bœufs domestiques, ancêtres communs des races libres des îles Malouines, remontait à quatre-vingt-dix ans au plus. Donc, en un petit nombre d'années, *plusieurs* groupes s'étaient caractérisés et spontanément séparés, tout en restant reliés par des types intermédiaires.

Je ne vous parlerai des bœufs des pampas, du Texas, et de ceux qui vivent en liberté sur plusieurs points de l'Afrique, que pour vous signaler leur couleur ordinaire d'un rouge brun foncé uniforme. Tous ces faits vous prouvent que la liberté reconquise n'entraîne pas le retour à un type uniforme.

Chez le cochon libre, le pelage a beaucoup varié. Le mélanisme est ici extrêmement fréquent, tandis que la couleur du sanglier est le gris noirâtre. M. Roulin a vu dans la Colombie des porcs marrons, et a remarqué leur tête plus grosse, élargie et relevée en haut, ainsi que leurs oreilles redressées. Ce signalement coïncide avec celui que le père Labat donnait pour les mêmes animaux dans les îles françaises du golfe du Mexique. Ce dernier ajoutait qu'ils avaient les défenses fort longues. Par tous ces traits, les cochons libres dont nous parlons se rapprochent du sanglier ; mais la couleur cependant n'est pas la même. En effet, les premiers avaient, dans les deux localités où M. Roulin et le P. Labat les ont observés, le pelage entièrement noir et non grisâtre comme celui du sanglier.

Ce n'est pas tout, M. Roulin a vu sur les *paramos*, plateaux de l'Amérique élevés à plus de 2500 mètres, des porcs marrons ayant entre leurs soies fournies et roides une véritable laine. Enfin, d'après Herrera, les cochons de Cubaga, dans les Antilles, sont remarquables par leurs sabots allongés, dont les pinces ont acquis une palme de long. Certes, un pareil caractère n'indique nullement un retour au type sauvage. Je pourrais facilement multiplier encore les exemples ; mais ceux que j'ai cités me paraissent bien suffisants pour mettre hors de discussion ce que j'ai voulu démontrer, à savoir que les végétaux ou les animaux libres, c'est-à-dire qui sont soustraits à la culture ou à la domestication pour re-

l'ensemble des caractères de la souche sauvage, qu'ils en acquièrent parfois de très-différents suivant les localités.

Il est incontestable cependant que, dans des circonstances données, on verra tel cheval, tel cochon ou tel chien mar[ron] reproduire entièrement les caractères du type sauvage. M[ais] pour qu'il en soit ainsi, il faudra que ces animaux ai[ent] parcouru en sens inverse, étape par étape, la route le long de laquelle, pour ainsi dire, ils avaient pris leurs caractères de races. Vous comprenez combien cela arrivera rarement. Il faudra tout d'abord que l'animal ou le végétal devenu li[bre] retrouve avec sa patrie originelle le milieu dans lequel vivent ses frères sauvages ; c'est ce qui arrive pour le ch[at] lorsqu'il reprend, à s'y méprendre, tous les traits du cha[t sauvage]. Partout ailleurs la physiologie nous dit que le retour au t[ype] initial est impossible, et, en réalité, il n'a jamais non plus été signalé. Ce sont là des faits généraux faciles à compren[dre].

Sans être entré jusqu'ici, comme je le ferai plus tard, d[ans] de grands détails, vous voyez que je suis le représentant [des] idées de Buffon. Non point que j'accepte sur la foi du ma[ître] les opinions qu'il a énoncées avant moi, mais parce que t[out] ce que j'ai vu, lu et appris me les a montrées justes d[ans] leurs principes, et m'a persuadé qu'il suffisait de les éten[dre] et de les adapter, sans les changer pour cela, aux faits n[ou]veaux, ignorés au temps de Buffon, et qui sont venus dep[uis] élargir le champ de la science.

Ainsi, pour ce qui est de l'influence des actions de mil[ieu] dans la formation des races, je me déclare entièrement [de] l'école de Buffon, mais en donnant cependant au mot *milieu* une acception plus large. Je suis, en effet, convai[ncu] qu'en partant de cette idée, que la variation des conditi[ons] d'existence est la cause principale des modifications qu'épr[ou]vent les types primitifs, on peut se rendre compte de t[ous] les faits. Or, il est évident que lorsque l'homme soumet à [son] empire et domestique un animal sauvage, il change ses c[on]ditions d'existence, et rend nécessaire une transformat[ion] partielle de telle ou telle partie de son organisme. Ainsi ébr[an]lés et parfois masqués presque complétement par l'action [de] l'homme, les caractères de l'espèce ne pourront jamais re[pa]raître complétement par le retour à la liberté dans un mil[ieu] qui ne serait pas le milieu originel, car ce milieu nouv[eau] tendra lui-même à les modifier dans un sens différent. C['est] ce qui arrive pour le chien des pampas. En outre, nous av[ons] vu, par l'exemple des poiriers de Van Mons, que les indivi[dus] revenant à l'état libre, même dans leur milieu natal, peuv[ent] y emporter avec eux et y conserver des caractères acquis s[ous] l'empire de l'homme, bien qu'ils n'aient pu être fixés c[omme] comme caractères de variétés.

En somme, les races libres végétales et animales sont [le] produit des trois facteurs suivants : la nature propre de l['es]pèce, l'action de l'homme, le milieu. En réalité, c'est t[ou]jours le milieu qui agit. En effet, nous voyons les ca[rac]tères imprimés par le milieu initial se modifier plus [ou] moins sous l'influence du milieu de la captivité dont l'hom[me] fait partie, et ces modifications elles-mêmes remaniées [et] transformées par le milieu de la liberté reconquise.

Ces conclusions, qui sont les conséquences immédiates [des] faits que j'ai énumérés, conduisent à l'explication des phé[no]mènes que présentent les races secondaires, tertiaires, e[tc.] et dont nous nous rendrons compte plus tard en entrant [plus] avant dans les détails.

L'homme s'empare d'une espèce sauvage et la cultive ou la domestique dans deux milieux différents ; il en résulte deux races primaires distinctes. Puis ces races sont soumises à leur tour à une action commune identique, telle que la liberté reconquise dans les mêmes conditions. Elles se rapprocheront ; car il y aura parmi les influences qu'elles subissent un facteur commun. Mais elles ne se confondront pas ; car, subissant en même temps, et chacune de leur côté, l'action d'un facteur différent, elles enfanteront des races secondaires. Mais celles-ci seront plus rapprochées que les races primaires, parce que sur les trois facteurs elles en auront un qui leur sera commun. Ces résultats peuvent se traduire pour l'œil par une figure géométrique fort simple. Soient la ligne E représentant la force naturelle constitutive d'une espèce ; M et M′ deux forces différentes représentant les actions de deux milieux divers qui viennent à agir sur elle ; en composant d'un côté E et M, de l'autre E et M′ suivant le parallélogramme des forces, nous aurons deux résultantes P et P′ qui figureront deux races primaires. Représentons par la force M″ l'action d'un nouveau milieu commun (fig. 118) à P et P′,

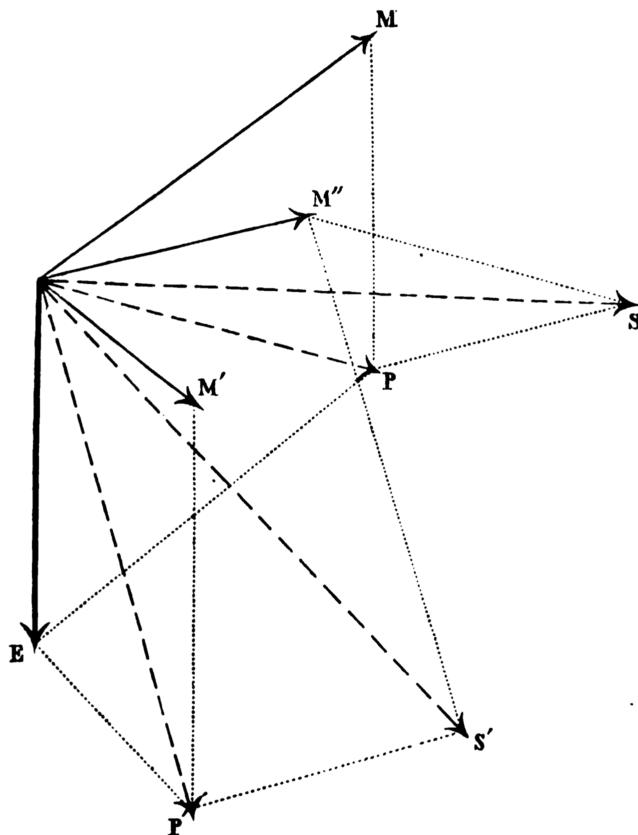


FIG. 118.

puis cherchons les résultantes des forces P et P′ qui expriment la nature acquise de ces deux races, avec la force M″. Nous aurons deux nouvelles diagonales distinctes S et S′, mais plus rapprochées que ne l'étaient les diagonales P et P′. Elles nous représentent deux races secondaires plus voisines que les deux races primaires.

Nous terminons ici cette étude en apparence exclusivement zoologique, mais qui cependant tient de près à l'histoire de l'homme. Ces préliminaires étaient nécessaires. En effet, nous devons étudier au sujet de l'homme bien des questions obscures. Or, il est lui-même l'inconnue de tous ces problèmes ; il fallait bien faire comme les mathématiciens, c'est-à-dire chercher des quantités connues pour représenter cet x qu'il nous importe tant de déterminer.

La première question qui se présente à nous est de savoir si les hommes forment tous une seule espèce ou s'ils appartiennent à des espèces multiples.

En fait, il existe entre eux des différences très-grandes, et, pour savoir si elles indiquent une diversité d'espèces ou de races, nous ne pouvions que nous adresser aux autres êtres vivants, afin de rechercher s'il existait, dans certains groupes d'animaux ou de végétaux ayant une unité d'origine incontestable, des variations aussi grandes que celles des êtres humains entre eux.

Il nous fallait donc être bien assurés de l'unité spécifique des formes animales ou végétales que nous devions prendre pour termes de comparaison. En conséquence, nous nous sommes adressés aux végétaux cultivés et aux animaux domestiques, à ces derniers surtout. Or, qu'avons-nous *trouvé* ? Un certain nombre de groupes composés d'individus *qui, tout* en présentant entre eux de grandes variations, *dérivent* certainement d'une souche sauvage unique, laquelle souvent nous est connue.

En résumé, l'unité spécifique de plusieurs animaux domestiques est aussi incontestable qu'incontestée. Pour quelques-uns la question est moins simple, et reste douteuse tant que nous ne consultons que la morphologie.

Il y a donc des difficultés, mais vous verrez plus tard que la physiologie en lève le plus grand nombre. *Déjà une partie* a disparu devant les considérations morphologiques seules, à condition, pour le naturaliste, de tenir compte de tous les caractères, et de faire porter son examen non-seulement sur les races sauvages domestiques, mais également sur les races marronnes actuelles.

Je n'ai rien dit en effet des races marronnes qui *remontent* aux époques antéhistoriques. Mais certainement les paléontologistes trouveraient aussi, en tenant compte de cette considération, la clef de bien des difficultés. Quant à l'existence même de ces races marronnes antéhistoriques, elle me semble indubitable. L'homme primitif est certainement venu en Europe en compagnie d'animaux domestiques ; le fait résulte directement des observations de Brandt et de Rutimeyer. Or, quand nous voyons, sous notre civilisation si infiniment supérieure à la sienne, non plus des animaux récemment domestiqués, mais nos plus anciens serviteurs s'échapper pour retourner à la vie libre, comment admettre qu'au temps de l'homme lacustre, alors que ce retour était bien plus facile, il ne se soit pas formé des races marronnes à côté des races domestiques ?

Je le répète, du jour que la paléontologie introduira ces considérations dans ses études, elle y trouvera la solution d'un grand nombre de questions embarrassantes.

Pour le moment, vous remarquerez que plus on pousse loin les études même exclusivement morphologiques, en y joignant l'observation des squelettes, plus on arrive à restreindre le nombre des souches sauvages. Ainsi Nathusius et Rutimeyer les multiplient déjà bien moins que Hamilton Smith et les autres éducateurs de la même école, hommes intelligents sans doute, et qui ont apporté à la science des observations importantes, mais qui, envisageant les faits isolément, veulent

les autres types.

Partons du golfe de Guinée. Là se trouvent les populations les plus abaissées, en même temps qu'elles présentent, dans son expression la plus complète, le type nègre. En tous sens autour de ce centre on voit les races s'élever et acquérir insensiblement des caractères qui indiquent leur fusion d'un côté avec le blanc extrême, et de l'autre avec le jaune le plus marqué.

Dès qu'on franchit la zone littorale de la côte des Esclaves, on trouve des noirs aux cheveux laineux, mais dont le type se relève sensiblement. Ainsi, d'après Bowdich, les chefs ashantis rappellent par leurs traits le type grec, et les princes dahomans que l'on a vus en Europe avaient le nez et le front des Européens, bien que leurs lèvres fussent encore celles des nègres.

Au Congo, à l'ouest, comme sur toute la côte de Mozambique, à l'est, nous voyons, sauf la couleur, certaines populations prendre quelque chose des races sémitiques, avec lesquelles il est évident qu'elles ont fait alliance. La couleur même s'éclaircit au cœur de l'Afrique. Sur les rives du Zambèze, Livingstone l'a vue passer au café au lait.

Lorsqu'on dépasse le Congo, on arrive par des populations mêlées aux Hottentots, puis aux Houzouanas, type extrême; enfin, en remontant à partir du Cap vers l'est, on retrouve chez les Cafres Zoulous le type sémitique parfois complet, à la couleur et aux cheveux près.

Passons le détroit. Nous voyons à Madagascar, à côté du nègre presque pur, les nègres croisés et mélangés qui forment un fouillis de races tenant plus ou moins au type noir d'un côté, et se rapprochant, de l'autre, des races malaises et mélanaisiennes en se fondant avec le type blanc sémitique.

Voilà ce que nous présente l'Afrique méridionale, c'est-à-dire la région où le nègre a été le plus abandonné à lui-même et le plus isolé des types supérieurs.

Au nord du cap Gardafui, nous rencontrons des faits bien plus frappants encore. Nous voyons coexister les caractères des races nègres et sémitiques. Puis, nous trouvons dès le Haoussa, parmi les races soudaniennes, des variétés infinies de types. Barth y signale une foule de populations négroïdes qui rappellent parfois les blancs et qui renferment des individus au teint noir, noirâtre, cuivré ou basané; aux cheveux laineux, crépus, bouclés ou plats.

En Abyssinie, nous sommes en plein pays de races croisées. Le nègre ne s'y reconnaît plus ni au teint ni à la nature des cheveux, mais à la longueur plus grande du talon. Toutefois ce caractère est loin d'être exclusif. On le rencontre au Cap chez les Hottentots et les Houzouanas, parfois aussi en Guinée. Il nous offre donc un exemple de ces entrecroisements de race à race dont je vous ai signalé l'importance.

Toutes les parties du monde présentent le même spectacle que l'Afrique. L'Asie, par exemple, abonde en faits analogues. Plaçons-nous au centre, dans la mère patrie des peuples jaunes. Au nord, se trouvent les populations mongoloïdes sur lesquelles M. Pruner-bey a appelé à si juste titre l'attention des anthropologistes. Elles nous conduisent, d'un côté aux races d'Europe, de l'autre à celles d'Amérique par une gradation insensible de caractères. Au sud-est, les populations indo-chinoises nous amènent par la presqu'île de Malacca à des nègres purs, puis à la grande famille malaise qui compte des représentants de toutes les races. La Mélanaisie offre

traces nombreuses de mélange. Enfin, par les Malais nous arrivons aux Polynésiens, qui sembleraient, grâce à leur isolement, devoir présenter le type le plus distinct, mais qui, en réalité, nous ramènent aux populations des grands archipels indiens.

Quant aux Aryans, dont nous connaissons l'origine, ils ont fait, dans l'Hindoustan jusqu'au Gange, une véritable trouée au milieu des populations primitives de ces contrées. Au centre de cette masse envahissante, le type est resté à peu près pur, mais, sur les limites, des mélanges fréquents ont eu lieu avec les races locales. En effet, au nord, les versants de l'Himalaya sont peuplés de races mixtes qui présentent une grande confusion de caractères; au sud, les Aryans se sont fondus dans les populations drawidiennes qui nous conduisent jusqu'au type noir dont le golfe du Bengale a conservé des représentants parfaitement purs (*Mincopies*).

Ainsi, en anthropologie, la difficulté n'est pas de trouver des populations intermédiaires entre les populations extrêmes, non plus que des entrecroisements de caractères : l'embarras consiste au contraire à isoler et à caractériser les races pures.

Rien de pareil pour le naturaliste qui étudie les espèces. Sans doute il devra aussi apprécier la valeur de certaines différences. Mais, pour peu qu'un genre soit nombreux, il renferme toujours, et en très-grande majorité, des espèces bien distinctes. Le zootechniste seul, qui observe les races animales, éprouve un embarras pareil à celui de l'anthropologiste ; ses préoccupations sont les mêmes quand il ne se trouve plus en face de types maintenus purs par l'action humaine.

Je pourrais donc, à la rigueur, en partant de ce fait, dire que les populations humaines présentent dans leur ensemble les mêmes faits que les races domestiques à souche unique, et affirmer dès maintenant leur unité spécifique. Je n'irai pas cependant à beaucoup près aussi loin. Le fait que je vous ai présenté est sans doute immense; mais vous n'en comprendrez bien la portée que lorsqu'il aura été consolidé à vos yeux par des considérations de détails physiologiques et autres. Aussi je me borne à l'invoquer à titre de simple présomption.

Arrivés au point où nous en sommes, permettez-moi de faire un rapide appel à vos souvenirs, et de résumer brièvement le chapitre que nous venons de parcourir. Vous y trouverez déjà des faits généraux importants et un résultat.

Nous avons acquis les notions fondamentales d'espèce, de race et de variété. Or, ces notions font si communément défaut, que les trois quarts des discussions anthropologiques roulent sur le sens de ces mots. Il était donc nécessaire de s'en faire une idée nette.

Nous avons considéré l'espèce comme le tronc d'un arbre, et les races comme l'ensemble des branches. Toucher une branche, vous ai-je dit, c'est toucher l'arbre; de même toucher à une race, c'est toucher à l'espèce. Nous avons constaté que ce fait général de l'existence de races dans chaque espèce, comme de branches sur chaque tronc, est accepté par tous les partisans tant de l'immutabilité que de la variabilité de l'espèce. Cependant, si les premiers l'admettent en dépit de leurs doctrines et comme vaincus par l'autorité des faits, ils s'efforcent d'atténuer l'étendue et la signification des variations.

Le mot de *variabilité*, vous l'avez vu, s'il est bon lorsqu'il s'agit des races d'une espèce, est mauvais quand il s'agit des

Darwin et Lamarck l'ont pris. Il n'y a pas de transmutation des espèces les unes dans les autres; mais chaque espèce est variable dans sa sphère originelle, qui reste immuable.

Après avoir acquis une idée précise de l'étendue de ces variations, en les étudiant chez les animaux et chez les végétaux, il nous reste à leur comparer celles que les hommes présentent entre eux. Alors seulement nous aurons terminé la partie morphologique de nos études.

XVI

Races végétales et animales. — Nature des variations.

Nous avons vu ce qu'il fallait entendre par l'expression de *races*; nous avons constaté l'existence de ces groupes dans plusieurs espèces; il reste à nous rendre compte des caractères qui les différencient. Mais, avant d'aborder ce nouvel ordre de faits, permettez-moi de vous rappeler que la détermination de l'espèce repose sur deux notions, *et répond à* deux conceptions parfaitement distinctes, la ressemblance et la filiation. Nous avons trouvé cette double idée au fond de presque toutes les définitions données par les savants, comme au fond des connaissances vulgaires des simples paysans.

De ces deux notions, la première, celle de ressemblance, est de nature à exercer une grande influence sur les jugements portés à l'improviste et sans la préparation qui rés[ulte] d'études spéciales. Ceci explique la tendance qu'on rem[arque] chez tant de personnes, même *très-éclairées, à distingu[er]* parmi les hommes plusieurs espèces distinctes.

En effet, ce sont les différences des groupes extrêmes entre eux qui sautent aux yeux tout d'abord; et, je l'avoue tout le premier, pour qui s'en tient à la seule appréciation des caractères extérieurs, c'est-à-dire à la morphologie pure, il est bien difficile de ne pas conclure *que le blanc et le nègre sont* deux types trop différents pour appartenir à une même espèce, et de ne pas les rapporter à deux souches originairement distinctes.

Ce jugement une fois porté, on s'ingénie à lui trouver des confirmations; et, de la meilleure foi du monde, on s'exagère la valeur de modifications qu'on n'était pas préparé à apprécier impartialement. Voilà pourquoi certains hommes intelligents et instruits ne jugent pas, comme ils doivent l'être, [...] des faits que j'aurai à vous signaler.

Accordons toutefois qu'on ait raison de leur *attribuer* cet[te] valeur, exagérée à nos yeux. Le polygéniste peut-il réellem[ent] y trouver un argument en faveur de ses conclusions? Pour q[u'il] en fût ainsi, il faudrait que les différences entre le nègre [et] le blanc fussent d'une étendue et d'une nature *telles* q[u'on] n'en pût point observer de semblables chez les races d['une] même espèce animale et végétale. Mais s'il est démontr[é que] chez les animaux et les végétaux il existe, entre des r[aces] remontant incontestablement à une origine unique, des d[iffé]rences et des variations de la nature de celles que l'on obs[erve] entre les hommes, et d'une étendue égale ou même s[upé]rieure, il est évident que l'argumentation de nos advers[aires] perdra son seul point d'appui et se trouvera, pour ainsi [dire,] sapée par la base.

Or, nous espérons précisément démontrer que les esp[èces] végétales et animales présentent, de race à race, des [...]

Déjà vous devez être préparés à ce résultat. Quand je vous ai parlé de poires, vous vous êtes sur-le-champ représenté les formes de ce fruit dans les races ou dans les variétés les plus remarquables de poiriers; vous vous êtes figuré la crassane, la poire de Saint-Jean, les poires d'été, d'automne ou d'hiver.

Le nom de cheval a éveillé en votre esprit le contraste que présentent le cheval anglais ou cheval de course et notre cheval de charrette boulonais, sans parler de nos poneys des Landes ou de Corse. A propos du mouton, vous avez pensé à nos races indigènes chétives, à cornes peu développées, à laine grossière, à la chair peu abondante, auxquelles vos souvenirs opposaient les mérinos aux cornes énormes, à la laine fine, mais dont la partie charnue est également peu développée, alors que chez les cotswood, race créée pour l'alimentation, la laine est grossière, les cornes nulles, tandis que le corps et les muscles sont énormes. Le nom seul de chien a fait passer sous vos yeux tout un monde de formes très-différentes les unes des autres. Vous avez été saisis du contraste que présentent le dogue et le bichon, le lévrier et le basset, le barbet et le chien turc.

Ainsi a surgi dans votre esprit l'idée de variations considérables et de natures diverses entre les groupes d'une même espèce. Cependant cette conception est vague encore et a besoin d'être précisée.

Nous avons, dis-je, à parler des variations de race à race chez les végétaux et chez les animaux, au double point de vue de leur nature et de leur étendue. Commençons par nous occuper de leur nature, que nous étudierons d'abord chez les *végétaux*.

Je dois faire encore une remarque qui s'applique à la fois aux deux règnes. Toutes les divergences qui se produisent affectent, en réalité, quelque chose d'intime et d'essentiellement physiologique. Aucun organe ne peut varier, aucune fonction ne saurait s'altérer, sans que le jeu même des forces vitales ait été modifié. Aussi trouverons-nous la physiologie à la base de tous les faits de variations que nous pourrons observer. Ces modifications cependant se traduiront souvent par des caractères qui seront, à proprement parler, plus anatomiques que physiologiques. Nous avons donc à observer, chez les végétaux d'abord, deux séries de phénomènes de même ordre. Je commence par les modifications anatomiques extérieures.

Leur nature superficielle fait qu'il est extrêmement facile de les constater. J'ai à peine besoin de vous les signaler dans l'arbre nain, qui présente une réduction du nombre des individus composant l'être végétal complexe. Le poirier sans épines offre un fait analogue, si nous le comparons au poirier épineux. Les épines sont, comme vous le savez, des rameaux avortés; il y a donc, chez le premier persistance, chez le second disparition de plusieurs séries d'individus. J'en dirai autant du rosier mousseux, qui perd ses piquants pour se couvrir de poils, et de nos fleurs doubles, chez qui le nombre des pétales de la fleur simple s'est développé aux dépens du nombre des étamines.

D'autres fois les variations sont plus profondes, et demandent, pour être expliquées, que l'on pénètre jusqu'aux éléments des tissus végétaux. Les poires et les carottes grossissent sous l'influence de la culture; dans les deux cas, il y a eu modification des tissus. Souvent c'est la quantité des éléments d'une prédominance très-grande de l'élément amidon. Dans la carotte charnue, le nombre des cellules s'est multiplié, tandis que celui des fibres a diminué, au moins proportionnellement. D'autres fois ce sont les éléments eux-mêmes qui se transforment. Ainsi, dans les poires cultivées, le sucre devient plus abondant et se substitue au tannin et aux acides.

J'insiste peu sur cette partie anatomique; elle est simple, bien qu'elle n'ait pas d'ailleurs été étudiée à notre point de vue chez les végétaux. La physiologie présente des faits plus précis qui se retrouvent presque identiques dans les deux règnes, et se prêtent, par conséquent, à une comparaison bien plus suivie.

La rapidité du développement est très-différente dans nos races végétales. Les céréales en sont un exemple frappant. Pour arriver à maturation, le blé d'automne demande trois cents jours, le blé de printemps cent cinquante, et le blé de mai cent seulement, c'est-à-dire trois fois moins que le blé d'automne. Dans d'autres contrées que les nôtres, le développement de ces mêmes espèces est bien plus accéléré. Ainsi, en Égypte et au Bengale, le même champ donne deux récoltes par an.

Parfois cette rapidité même est une condition essentielle d'existence pour la race. Ainsi, dans nos pays, l'orge paumelle (*Hordeum distichon*) se sème en mars et se récolte en août, au bout de cinq mois. En Finlande et dans la Laponie méridionale, où les chaleurs durent bien moins, l'orge se sème fin mai et se récolte fin juillet, deux mois après, ayant traversé d'ailleurs les mêmes phases de développement.

Ces variations supposent-elles deux espèces distinctes? C'est ce dont a voulu s'assurer un agriculteur dont le nom est cité dans tous les ouvrages spéciaux, le célèbre abbé Tessier. Il a fait, dans ce but, des expériences qui ont été reprises par M. Mounier, de Nancy. On sème au printemps du blé d'automne, qui se trouve par conséquent dans des conditions d'existence toutes différentes. Cent grains, la première année, donnent cent tiges, mais seulement dix épis dont quatre arrivent à maturité. La seconde année, on sème cent grains de la récolte précédente; il en naît cent tiges qui, cette fois, donnent cinquante épis mûrs. La troisième année, les cent pieds donnent autant d'épis arrivés à maturité.

Ainsi, suivant les chiffres de M. Mounier, après avoir subi, la première année, une épreuve des plus rudes, et s'en être déjà relevée en partie dans la seconde, il n'a fallu en somme que trois ans à la race d'automne pour devenir race de printemps. L'expérience inverse n'a pas moins complétement réussi et a donné des résultats semblables.

Les fonctions de reproduction sont très-intéressantes à étudier dans les deux règnes, et les faits significatifs qu'elles y présentent parallèlement les uns aux autres, donnent lieu à une comparaison de plus en plus rigoureuse. Il y a plusieurs ordres de phénomènes compris sous cette formule générale. Il convient de les examiner séparément.

Chez la plupart des espèces végétales, tous les individus sauvages fleurissent et fructifient à des époques déterminées. Mais, parmi les plantes ou les arbres cultivés, les races d'une même espèce présentent de grandes variations sous ce rapport. Nous avons des primeurs à côté de légumes ou de fruits tardifs, et l'art du maraîcher s'applique à multiplier les races de printemps, d'été, d'automne et d'hiver, de manière à li-

vrer autant que possible à la consommation le même produit pendant toute l'année.

Cette variation même entraîne parfois l'acclimatation ; c'est ce qui est arrivé pour le chrysanthème ou pyrèthre de la Chine (*Pyrethrum sinense*).

Il fut apporté en Europe en 1790. Jusqu'en 1852, il fleurissait et fructifiait encore trop tard pour que ses graines pussent mûrir ; on ne le reproduisait donc que par les procédés généagénétiques ou à l'aide de graines importées. On avait bien essayé des serres et des châssis, mais avec peu de succès. Cependant, en 1852, dans un semis des environs de Paris, quelques pieds devinrent plus précoces ; les fleurs se montrant plus tôt, les graines purent mûrir. On les recueillit pour les semer, en ayant soin d'éviter tout croisement, et l'on obtint ainsi une race précoce qui, depuis lors, se reproduit toujours par graines, sans que l'on soit obligé de faire venir les chrysanthèmes de Chine, ou de les multiplier généagénétiquement.

Aux fonctions de reproductions se rattache également l'accroissement de la fécondité. A ce nouveau point de vue, elles peuvent être exaltées de deux manières. Une plante peut produire en une fois beaucoup plus de fleurs et de fruits, ou bien en donner la quantité normale à des époques répétées.

Il est inutile d'insister sur les races ou les variétés plus fécondes en une fois. Ce qui est bien autrement remarquable, c'est de voir des races caractérisées par la répétition anormale dans la même année des phénomènes de reproduction. Les individus appartenant aux espèces sauvages fleurissent et fructifient une fois par an. Il me suffit de vous citer le rosier de Provins ou le rosier des chiens, et le fraisier des Alpes. Cependant plusieurs variétés cultivées fleurissent deux et trois fois dans la même période ; nous avons des roses et des fraises dites des quatre saisons, qui donnent des fleurs ou des fruits pendant près de neuf mois.

A côté de l'accroissement, se place naturellement la diminution de la fécondité ; elle s'accuse également de deux manières, par la diminution des fruits ou par la diminution du nombre des graines.

Le premier phénomène produit des races vite abandonnées, à moins qu'il ne coïncide avec l'excellence exceptionnelle du produit ; c'est ce qui arrive pour le persil frisé dont la saveur est plus agréable que celle du persil ordinaire, ainsi que pour certaines qualités de fruits. Le second fait, au contraire, donne lieu à des races très-recherchées. Ainsi, on s'est toujours efforcé de multiplier les races de poires, de pommes et d'oranges à pepins rares. Le groseillier (*Ribes rubrum*) offre des races dont les caractères sont en contradiction avec le nom scientifique de l'espèce, puisqu'elles donnent des fruits blancs ; de plus, on y trouve moins de pepins que dans les fruits rouges. C'est ce qui fait le mérite de la variété de Bar-le-Duc, dans laquelle chaque fruit compte une ou au plus deux graines.

En persévérant dans cette voie, l'homme a fini par produire des végétaux dont les fruits sont complétement dépourvus de graines. Dès lors il est clair qu'il ne peut plus être question pour eux que de variétés ; mais ces variétés n'en existent pas moins chez un grand nombre d'espèces. Je citerai le poirier, le bananier, la vigne pour le raisin de Corinthe, vulgairement appelé passoline, le dattier et l'ananas.

Les exemples qui précèdent suffisent, je pense, pour prouver que les races végétales s'écartent souvent beaucoup de leur type primitif, tant au point de vue physiologique que sous le rapport de l'anatomie. Que ces modifications viennent à se perpétuer par l'hérédité, et elles donnent naissance à des races.

Les animaux présentent des faits pareils et qui correspondent, terme à terme, à ceux que nous venons de signaler chez les végétaux ; seulement, comme ils acquièrent bien plus d'importance par leur analogie plus grande avec ceux que nous étudierons chez l'homme, je vous demande la permission de les exposer plus en détail. Ce n'est pas tout, les animaux sont en outre, sujets comme nous à des variations de ce *je ne sais quoi* qui fait sentir, vouloir, raisonner ; en sorte que, à côté des modifications anatomiques et physiologiques, nous aurons à comparer, dans le règne animal et dans le règne humain, de véritables divergences psychologiques héréditaires dont la transmission caractérise des races acceptées pour telles par tout le monde.

Parlons d'abord des différences anatomiques. Je vous ai déjà montré combien les dimensions et les formes générales peuvent varier ; il est inutile de revenir sur les exemples nombreux qui ont passé sous vos yeux. Or, pouvez-vous comprendre ces modifications dans les formes et dans les proportions, sans en admettre de correspondantes pour le squelette et les parties molles qui s'y rattachent ? Il est évident que non.

Les partisans de l'invariabilité de l'espèce et de la multiplicité des souches ont donc tort de qualifier de légères ces différences extérieures.

Leur erreur est la même lorsqu'ils déclarent ne pas attacher une grande importance aux variations que présentent les productions externes du corps, les poils chez les mammifères, les plumes chez les oiseaux. En effet, pour comprendre quelle en est la valeur réelle et profonde, il suffit de se rappeler ce que sont, au point de vue de l'anatomie, un poil, une plume, une corne.

Le poil est produit par un organe vivant, un bulbe enfermé dans une gaîne fibreuse qui dépend du système cutané. Ce bulbe reçoit par des artères un sang que des veines remportent ; des nerfs viennent aussi l'animer. Ainsi le poil résulte d'un organisme complexe qui se rattache intimement à l'organisme général. Il en est de même pour les plumes.

Les cornes sont, ou bien pleines et caduques, ou bien creuses comme celles du mouton et du bœuf. Chez ces derniers animaux, la matière cornée est produite par un appareil analogue à l'appareil pileux ; elle se moule autour d'un axe osseux qui constitue une partie importante du squelette, et qui est, de plus, très-largement abreuvé de sang par les sinus veineux dont il est sillonné.

Ainsi, pour qu'un seul poil disparaisse, il faut qu'un appareil en relation intime avec les systèmes cutané, vasculaire et nerveux vienne à s'atrophier. Pour qu'un seul poil s'ajoute, il faut qu'un appareil de la même nature s'organise, et pour que le pelage éprouve une variation générale, il faut que chacun de ces éléments complexes soit modifié. Enfin, pour que les cornes disparaissent ou pour qu'elles se multiplient, il est nécessaire qu'une partie du squelette s'annihile ou apparaisse ; il faut aussi supposer une modification dans l'appareil circulatoire qui, nous l'avons vu, abreuve le noyau osseux, ainsi que l'organe producteur de la matière cornée.

Tous les raisonnements du monde ne sauraient atténuer la signification de semblables faits. Si l'on n'en aperçoit pas toujours la valeur, c'est qu'ils se passent journellement, sous

nos yeux, et que l'habitude émousse l'étonnement qu'ils devraient naturellement nous inspirer. Mais la moindre réflexion leur restitue l'importance qu'ils méritent.

En réalité, ces phénomènes externes ont leur point de départ à l'intérieur, et résultent d'altérations et de modifications anatomiques et physiologiques portant sur des organes complexes dans la compositions desquels interviennent les appareils généraux de l'organisme.

Une simple observation suffit pour se convaincre de cette vérité. J'ai fait passer sous vos yeux des crânes de chiens et des crânes de pigeons; vous avez vu que ces derniers surtout présentent les modifications les plus remarquables. Par conséquent, les cerveaux, qui suivent évidemment les variations de l'enveloppe doivent nécessairement offrir, au point de vue de l'anatomie morphologique, des différences tout aussi considérables.

Les animaux de basse-cour et de boucherie sont, de leur côté, très-instructifs à observer, et présentent une intéressante contre-partie de quelques faits dont nous avons parlé à propos des végétaux. Destinés à être mangés comme certains fruits et certaines racines, l'homme leur demande aussi le plus possible de matière alimentaire. Dans ce but, il les engraisse, s'efforce de développer en eux les parties charnues, et finit par en obtenir ce qu'il a obtenu de la pomme de terre et de la carotte, si l'on songe que la graisse peut être comparée à l'amidon et les muscles aux cellules charnues des fruits ou des racines. C'est encore une multiplication de certains éléments qui se trouve réalisée dans les races Durham et Dishley.

Quant à la rapidité du développement, nous sommes encore en pleine analogie. Les éleveurs anglais arrivent à réduire de moitié le temps ordinairement nécessaire pour qu'un animal puisse être livré à la consommation, de même que l'art du jardinier lui permet d'obtenir des légumes et des fruits précoces.

Aux fonctions de reproduction se rapportent des faits qui vous rappelleront terme pour terme ce que nous avons vu chez les végétaux. Si j'insiste, c'est que nous touchons ici à ce que les êtres ont de plus intime et à ce qui constitue, pour ainsi dire, leur fonds commun.

Nous avons parlé de l'acclimatation des chrysanthèmes de Chine. L'oie d'Égypte a présenté, à peu près à la même époque, un phénomène analogue. Elle fut importée en France par E. Geoffroy, à la suite de l'expédition scientifique d'Égypte. On vit bientôt sa taille augmenter et son plumage s'éclaircir; mais elle conserva, dans un climat relativement froid, l'habitude qu'elle avait dans sa patrie, de ne pondre ses œufs qu'en décembre, en sorte que ses petits ne résistaient que difficilement à l'hiver. Cela dura jusqu'en 1844, époque à laquelle la ponte des oies du Muséum eut lieu en février, puis avança d'un mois tous les ans. En 1845, elle se produisit au mois de mars, et en 1846, au mois d'avril, qui est l'époque à laquelle pondent nos oies françaises. Dès ce moment on put dire que l'oie d'Égypte était réellement acclimatée chez nous.

L'accroissement de la fécondité peut être amené chez les races animales domestiques comme chez les races végétales cultivées.

Toutes les espèces sauvages ont une époque de reproduction déterminée. Mais il y a des races domestiques de poules qui pondent pendant toute l'année. Chez certains mammifères, les faits sont plus frappants encore. Tandis que la femelle du sanglier, la laie sauvage, n'a qu'une portée par an, dans laquelle elle met bas six à huit marcassins seulement, la truie a deux portées de dix à quinze petits chacune. Sa fertilité est donc triple.

Le cochon d'Inde, ou cobaye, est l'animal domestique qui répond, sinon à l'*apéréa* du Pérou, du moins à une espèce très-voisine. Or, suivant Isidore Geoffroy, l'apéréa n'a que deux portées annuelles d'un ou deux petits chacune, tandis que le cochon d'Inde a cinq ou six portées de huit à dix petits; il offre donc l'exemple de la fécondité octuplée par la domestication. Les moutons hong-ti de Chine, dont il a été beaucoup question depuis quelques années lorsqu'on a cherché à les acclimater, ont dans leur pays, m'a assuré un homme dont le témoignage mérite toute confiance, deux portées annuelles de deux à trois petits, au lieu que notre brebis ne met bas qu'une fois et n'a jamais plus de deux petits. Sa fécondité est donc quatre fois moindre que celle du hong-ti.

D'une manière générale, ainsi que je vous l'expliquerai plus tard, la domestication tend à accroître la fertilité des races.

Cependant le phénomène inverse se présente aussi dans des circonstances analogues à celles dans lesquelles il se produit chez les végétaux. A force de perfectionner les races et d'exalter outre mesure l'activité de certaines fonctions, il en est d'autres, et ce peuvent être celles de la reproduction, dont l'accomplissement devient plus pénible, sinon impossible. Cela se présente chez les porcs trop gras, trop perfectionnés, dont les unions sont inféconds lorsqu'elles ont lieu entre individus ainsi modifiés; mais le croisement avec les races communes et maigres leur rend leur fécondité première. Ici, comme pour les végétaux, on dirait que la nature se refuse à propager les monstres qui sont l'œuvre de l'industrie humaine.

Le corps, soit qu'on l'envisage au point de vue anatomique, c'est-à-dire matériel, soit au point de vue physiologique ou biologique, peut donc présenter des modifications héréditaires considérables sans que l'espèce soit détruite pour cela. Il en est de même lorsqu'il s'agit de ce *quelque chose* que, faute de mot meilleur, nous avons désigné sous le nom d'âme animale ou sensitive. Les instincts et les mœurs des animaux éprouvent aussi des modifications héréditaires suffisantes, de l'aveu de tous les naturalistes, de tous les éleveurs, pour caractériser de véritables races. Dira-t-on que ces facultés, que ces instincts sont inhérents à l'animal, que l'homme se borne à les développer sans les modifier ou les créer réellement? Cela est vrai lorsqu'il s'agit d'aptitudes générales, qui peuvent néanmoins se plier assez docilement sous l'empire de l'homme, ou des circonstances pour produire les résultats les plus divers; c'est inexact pour presque tous les faits de détail. Il est impossible que le chien ait été originairement à la fois chasseur courant et chasseur à l'arrêt. Ce sont là deux instincts qui s'excluent et qui n'ont jamais pu coexister.

Ce qu'il y a de naturel chez cet animal, c'est une aptitude générale à être élevé, à obéir aux ordres de l'homme, quels qu'ils soient. Mais l'éducation, vous le savez tous, n'est pas seulement individuelle, elle se transmet. « Bon chien chasse de race » est un proverbe mille fois éprouvé et qui se retrouve dans toutes les langues.

Knight l'a du reste vérifié expérimentalement par des observations qui ont duré soixante ans et qui se trouvent consignées dans les Mémoires de la Société royale de Londres. Il a isolé, sans les élever, de jeunes chiens, descendants de races

pures diversement dressées, et voici trois résultats qu'il a obtenus et qui viennent confirmer de la façon la plus absolue le fait de l'hérédité des instincts.

Un jeune chien dont les parents avaient chassé à l'arrêt, mené à la chasse, arrêta la première perdrix qui se rencontra. Un épagneul, appartenant à une race dressée à chasser la bécasse, sut très-bien, dès sa première sortie, se conduire à la manière d'un vieux chien, évitant les terrains glacés où l'instinct lui apprenait sur-le-champ qu'il serait inutile de chercher le gibier à cause de l'absence de tout fumet. Enfin un jeune terrier, fils de terrier à putois, entra en fureur la première fois qu'il se trouva dans le voisinage d'un de ces animaux, tandis que l'épagneul restait parfaitement tranquille et n'éprouvait pas la moindre émotion.

Il est donc démontré que les instincts acquis par certains animaux sous l'action de l'homme peuvent se transmettre héréditairement et caractériser des races.

Ces éducations héréditaires sont-elles liées à certains caractères physiques? Cela n'est pas admissible. Sans doute, l'homme choisit l'animal dont les formes se prêtent le mieux au but qu'il désire atteindre. Pour chiens destinés à la chasse à courre, il prendra des individus à jambes longues ou robustes : ce seront les lévriers, les bassets, les briquets, etc., qui tous, bien élevés, constituent d'excellentes races.

Mais souvent la forme aura moins d'importance, car le but que se propose l'homme n'exigera pas toujours une aptitude aussi spéciale que celle de la course. C'est ce qui arrive pour la chasse à l'arrêt. Aussi, parmi les chiens qu'on y dresse, en trouve-t-on qui appartiennent aux types les plus différents, des braques, des épagneuls, des griffons, des barbets, etc.

Ce qui montre mieux que tout le reste combien sont transmissibles les instincts acquis, c'est, sans contredit, la persistance fréquente, chez les races marronnes, des résultats d'une éducation primitivement artificielle. Aussi les lévriers d'Amérique, au lieu de prendre les cerfs en leur sautant à la gorge, les attaquent par le ventre et les renversent, comme leurs ancêtres avaient été dressés à faire pour la chasse aux Indiens. Les chiens de la Madeleine chassent en compagnie ; ils savent cerner et entourer avec un art consommé les troupeaux de pécaris. Un seul chien serait immédiatement dévoré. Mais en se réunissant et à force de harceler ces animaux, ils parviennent à en détourner quelques-uns dont ils ont alors raison à leur aise. En faisant ainsi, ils chassent exactement à la manière dont leurs ancêtres étaient dressés à chasser par leurs maîtres.

Parfois les résultats de l'éducation se perdent par le retour à la liberté, et reparaissent ensuite lorsque l'individu est replacé dans les conditions primitives. Le cheval libre est un animal très-sauvage ; mais il suffit de s'en être rendu maître une seule fois, non point pour en faire une bête absolument docile, mais pour pouvoir très-bien l'utiliser comme monture.

Le chien nous fournit, dans cet ordre d'observations, des faits plus probants encore. Je vous ai déjà dit que c'est le seul animal qui aboie ; toutefois l'aboiement n'est pas, comme il le semblerait tout d'abord, sa voix naturelle. Le chien l'acquiert seulement dans le voisinage de l'homme, par l'imitation de la voix humaine, disent certains naturalistes. Cependant, chez certains peuples sauvages, il n'aboie pas, ou tout au moins aboie fort mal. Quoi qu'il en soit, nos chiens domestiques perdent l'aboiement si on les isole de l'homme, tandis que leurs descendants muets le retrouvent dans notre société. Un fait auquel j'ai déjà fait allusion nous permet d'exprimer en chiffres le temps au bout duquel est complet l'oubli de cette voix artificielle. L'île de Juan-Fernandez, voisine de la côte du Chili et celle qui a été prise comme théâtre des faits et gestes de Robinson Crusoé, était, vers la fin du XVIIe siècle et au commencement du XVIIIe, remplie de chèvres marronnes ayant pour ancêtres des individus domestiques qui s'étaient extrêmement multipliés. A cette époque, elles étaient la grande ressource des nombreux corsaires qui venaient piller les possessions espagnoles. Afin de leur enlever ce moyen de ravitaillement, on imagina, en 1710, de faire chasser et dévorer ces chèvres par des chiens qui furent lâchés dans l'île. Le résultat désiré fut pleinement obtenu ; et, trente-trois ans après, en 1743, Ulloa, officier espagnol envoyé dans ces parages pour coopérer à la mesure du méridien entreprise dans l'Amérique du Sud par la commission scientifique française, trouva l'île peuplée de chiens féroces. De plus, il constata qu'ils étaient complétement muets. Il en prit quelques-uns à son bord, et peu à peu ces animaux se remirent à aboyer ; mais, dit Ulloa, ils s'y prenaient d'abord *maladroitement*. Les chiens de la rivière Mackensie, amenés en Angleterre, y sont restés muets comme ils l'étaient naturellement, mais leurs fils ont aboyé comme s'ils avaient appris la langue du pays.

En résumé, les végétaux et les animaux présentent les modifications anatomiques et physiologiques les plus marquées. Les animaux en éprouvent, de plus, de psychologiques. Toutes peuvent devenir héréditaires et caractériser des races très-différentes du type primitif. L'unité de l'espèce *n'est cependant* pas brisée pour cela.

Chez les hommes, on constate bien, de groupe à groupe et leur servant également de caractéristiques, des modifications correspondantes du même ordre ; mais on n'en voit jamais apparaître d'une nature particulière et telles qu'il ne s'en présente pas de semblables chez les animaux, à moins qu'elles ne relèvent des attributs propres du règne. Donc, en s'appuyant sur la seule nature de ces différences, on ne saurait partir de celles que présentent les hommes entre eux pour conclure à la multiplicité des espèces humaines.

Il nous reste à mesurer chez les végétaux, et surtout chez les animaux, l'étendue de ces variations. Lorsque nous aurons étudié ces êtres organe après organe, fonction après fonction, nous comparerons les résultats de cette étude à ceux d'un examen parallèle des types humains. Nous reconnaîtrons alors que l'étendue des variations de même nature est toujours moindre chez les hommes que dans les espèces végétales et animales.

ARM. ANGLIVIEL.

NÉCROLOGIE. — M. Boucher de Perthes, le promoteur de la grande question de l'homme fossile, est mort il y a quelques jours.

ACADÉMIE DE MÉDECINE. — MM. Buignet et Alph. Guérin viennent d'être élus membres de l'Académie de médecine.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 38 — 22 AOUT 1868

INSTITUT DE FRANCE.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DES CINQ ACADÉMIES.

M. DELAUNAY

(de l'Académie des sciences).

La constitution de l'univers.

Si nous nous reportons, par la pensée, à l'époque des premiers habitants de la terre, nous nous figurerons sans peine les impressions qu'ils éprouvaient à la vue des objets dont ils étaient entourés. Pour eux, la terre devait présenter une surface plate s'étendant dans toutes les directions jusqu'à des distances dont ils n'avaient pas d'idée; le soleil, la lune, les étoiles devaient leur sembler de simples luminaires destinés à les éclairer.

Les dimensions de cette terre supposée plate ont dû grandir peu à peu dans l'esprit de ses habitants à mesure qu'ils se sont déplacés sur sa surface et qu'ils en ont exploré de plus grandes étendues. Mais bientôt, en y réfléchissant, ils ont dû reconnaître que la terre ne pouvait pas s'étendre indéfiniment dans toutes les directions.

Ils voyaient régulièrement, chaque jour, le soleil se lever d'un côté et se coucher du côté opposé. Le point de l'horizon d'où le soleil semblait sortir de terre à l'orient n'était pas toujours le même pour un observateur restant en un même lieu de la terre : tantôt ce point d'émergence de l'astre s'avançait de jour en jour vers le nord; tantôt, au contraire, il se déplaçait en allant vers le sud. Le coucher du soleil, à l'occident, présentait des circonstances toutes pareilles.

La lune faisait comme le soleil, se levant à l'orient, se cou- :hant à l'occident, et cela en des points de l'horizon qui oc- :upaient successivement des positions diverses.

Parmi les étoiles, enfin, ils en voyaient un grand nombre ɜ lever et se coucher comme le soleil et la lune; mais con- 'airement à ce qui se passait pour ces deux astres principaux, haque étoile se levait et se couchait toujours aux mêmes ɔints de l'horizon, si l'observation en était faite en un même ɐu de la terre. D'ailleurs, en considérant l'ensemble des oiles qui présentaient ces apparences de levers et de cou- ɩers alternatifs, ils voyaient ces levers et ces couchers s'ef- ɛtuer indistinctement sur tout le contour de l'horizon, sa- ir : les levers dans la moitié orientale et les couchers dans moitié occidentale de ce cercle auquel la partie visible de terre semblait se terminer de toutes parts.

Les astres qui reparaissaient chaque jour en se levant à st étaient bien évidemment les mêmes que ceux qui avaient sparu précédemment en se couchant à l'ouest. Ces astres avaient donc dû passer sous la terre dans l'intervalle de temps compris entre leur coucher et leur lever. Il en résultait nécessairement que la terre ne devait pas s'étendre, dans la direction de l'horizon, jusqu'à la distance où se trouvaient les astres eux-mêmes. Il devait y avoir à cette distance, et tout autour de la terre, un passage complétement libre, que traversaient ces astres dans leurs pérégrinations journalières.

A cette idée d'une étendue limitée de la terre, l'observation attentive des mouvements des astres, faite en divers points de la surface terrestre, a dû bientôt joindre l'idée de la rondeur de cette surface. Les grands voyages d'exploration, entrepris pour arriver à la connaissance des diverses parties de la terre, n'ont pas manqué de confirmer cette rondeur, et l'on est arrivé peu à peu à reconnaître que la terre est ronde comme une boule, qu'elle n'est autre chose qu'un globe isolé de toutes parts et ne reposant sur rien.

Ce globe terrestre sur lequel nous sommes placés, et dont chacun de nous ne peut apercevoir d'un coup d'œil qu'une portion excessivement petite, a des dimensions énormes relativement à celles de notre corps. Au premier abord, le soleil, la lune et les étoiles nous paraissent fort peu de chose à côté de la terre. En ne jugeant que par les premières apparences, nous sommes portés à comparer les étoiles aux flammes de nos lampes ou aux becs de gaz qui éclairent les rues de nos villes. C'est en se fiant à un premier jugement de ce genre qu'on a pu dire que *le soleil n'est pas plus gros qu'un tonneau*. Les Grecs croyaient être très-généreux en disant que *le soleil est grand comme le Péloponèse*.

Il y a là une étrange illusion de nos sens, que la science a fait disparaître depuis longtemps. Un objet quelconque, soumis à nos regards, nous présente une apparence qui dépend à la fois de sa grandeur propre et de la distance à laquelle il se trouve de nous. Si nous ne pouvons ni toucher cet objet, ni l'atteindre par un moyen quelconque, sa distance nous reste inconnue, et il en résulte que nous pouvons porter le jugement le plus erroné sur ses dimensions véritables. Les distances auxquelles nous supposons instinctivement placés le soleil, la lune, les étoiles sont tellement petites, relativement à leurs distances réelles, que les dimensions de ces astres s'en trouvent rapetissées dans un rapport énorme. A mesure que l'on a imaginé et mis en pratique des moyens de plus en plus exacts pour évaluer ou apprécier la grandeur des distances qui nous séparent des astres, on a dû modifier les idées erronées que l'on s'était faites sur leurs dimensions, et l'on a été conduit à reconnaître que le globe terrestre, qui est si grand par rapport à nous, est au contraire extrêmement petit à côté de la plupart des astres qui peuplent le firmament

Le rôle de la terre s'est trouvé ainsi amoindri peu à peu.

Après avoir été regardée pendant longtemps comme le corps principal de l'univers, celui pour lequel tout avait été créé, elle s'est vue détrônée de la position qu'on lui supposait d'abord au centre du monde, et réduite à ne constituer qu'un des corps secondaires du système solaire, une de ces planètes qui circulent régulièrement autour du soleil, et que nous savons maintenant être si nombreuses.

L'examen des conditions dans lesquelles se trouvent les autres planètes, et des circonstances que présentent leurs surfaces, montre que ces planètes peuvent être habitées aussi bien que la terre.

D'ailleurs, les étoiles qui brillent de toutes parts dans le ciel ne sont autre chose que des soleils de dimensions diverses, et parmi lesquels notre soleil n'est certainement pas le plus grand. Il est extrêmement probable que chacun de ces soleils est accompagné d'un cortége de planètes qui circulent autour de lui; et il est tout naturel d'admettre que ces planètes peuvent être habitées aussi bien que celles qui font partie de notre système.

Tous ces soleils sont à des distances immenses les uns des autres. Les dimensions de notre système solaire ne sont rien à côté de ces distances; et la terre, qui nous avait paru si grande tout d'abord, n'est pour ainsi dire qu'un point dans ce système solaire. Qu'on juge par là du peu de place que chacun de nous occupe dans cette immensité!

Mais l'intelligence de l'homme n'est pas effrayée de tant de grandeur. A force d'observations patientes, de rapprochements ingénieux, d'études et de méditations de tout genre, elle est parvenue à démêler les lois qui régissent les mouvements de tous ces corps; elle a trouvé le moyen d'évaluer la quantité de matière que renferme chacun d'eux; elle est allée même, dans ces derniers temps, jusqu'à soumettre cette matière à une véritable analyse chimique, de manière à indiquer les corps simples qui entrent dans la composition de chaque astre. Si l'imagination reste confondue en présence de la grandeur de l'univers, elle ne l'est pas moins devant les résultats merveilleux auxquels la science humaine est parvenue dans l'étude de sa constitution.

Je me propose, dans cette Notice, de faire connaître les importantes conquêtes que les savants ont faites tout récemment dans ce vaste et admirable champ d'exploration ouvert à leur activité.

De l'analyse spectrale.

A l'exception du soleil, d'où nous recevons à la fois de la lumière et de la chaleur, la présence des astres ne se manifeste à nos sens que par la lumière qu'ils nous envoient. Nous jugeons ainsi de la position que chacun d'eux occupe dans l'espace, et en outre de sa forme et des particularités que présente sa surface, s'il n'est pas trop éloigné de nous. Là semblaient devoir se borner pour toujours les indications fournies par la lumière venant des astres. Qui eût pu prévoir que, par l'examen minutieux de cette lumière, en analysant les divers rayons dont elle est formée, on parviendrait à y trouver des traces nettes et irrécusables, non-seulement de l'état physique, mais même de la composition chimique des corps qui nous envoient ces rayons? C'est cependant ce qui a eu lieu, ainsi que nous allons l'expliquer. Voyons d'abord sur quels principes repose cette singulière et merveilleuse méthode d'analyse.

Supposons que nous soyons placés dans une chambre obscure, c'est-à-dire dans une chambre dont toutes les ouvertures aient été hermétiquement fermées par des volets pleins, de manière à empêcher toute lumière du dehors de pénétrer à l'intérieur. Si l'on vient à percer un petit trou dans une plaque mince faisant partie d'un des volets et recevant directement la lumière du soleil sur sa face extérieure, la lumière solaire pénétrera par le trou à l'intérieur de la chambre, et ira tomber sur la paroi opposée ou sur le sol. Dans le trajet, ce faisceau de lumière sera rendu visible par les poussières qui sont toujours répandues dans l'air en quantité plus ou moins grande, et qui se trouveront ainsi éclairées. En plaçant un écran blanc sur le passage de ce faisceau lumineux, de manière que la lumière tombe d'aplomb sur sa surface, on y verra une image ronde et blanche du soleil, image qui sera plus ou moins grande, suivant qae l'écran sera plus ou moins éloigné du trou.

Les choses étant dans cet état, imaginons que, sur le trajet du faisceau lumineux, on place un prisme de verre à section triangulaire, de manière que la lumière tombe obliquement sur l'une des faces de ce prisme, et qu'ensuite, après l'avoir traversé, elle en sorte par la face voisine inclinée d'une certaine quantité sur la première : la lumière se réfractera dans son passage à travers le prisme. Le faisceau lumineux, que l'on ne cessera pas de voir dans toute sa longueur, grâce à la présence des poussières de l'air, semblera brisé au point où il traversera le prisme, et replié suivant une direction faisant un angle notable avec sa direction primitive.

Si l'on fait tomber de nouveau ce faisceau de lumière sur l'écran, on ne verra plus comme précédemment une image ronde et blanche du soleil, mais une image allongée et diversement colorée : cette image présentera dans ses diverses parties, et avec beaucoup de vivacité, la suite des couleurs de l'arc-en-ciel : *violet*, *indigo*, *bleu*, *vert*, *jaune*, *orangé*, *rouge*. C'est elle que l'on désigne sous le nom de *spectre solaire*.

Cette belle expérience a été faite pour la première fois par Newton, au commencement du XVIII[e] siècle. Voici comment Newton l'a expliquée. Le prisme a la propriété de changer la direction des rayons de lumière qui le traversent; mais il dévie plus ou moins fortement ces rayons de lumière, suivant qu'ils sont de telle ou telle nature, bleus, jaunes, rouges, etc. La lumière blanche, celle qui nous vient du soleil, est composée d'un certain nombre de lumières simples, diversement colorées; lorsqu'un rayon de cette lumière blanche vient traverser un prisme, chacune des lumières composantes éprouve une déviation spéciale, différente de celle des autres lumières avec lesquelles elle se trouvait mêlée tout d'abord; ces diverses lumières composantes de la lumière blanche suivent donc chacune un chemin particulier, au delà du prisme; elles se séparent les unes des autres, et vont former sur l'écran autant d'images partielles dont l'ensemble constitue le spectre solaire.

Si, étant toujours à l'intérieur de la chambre obscure, on regarde le trou par lequel entre la lumière du jour, en mettant le prisme de verre devant son œil, on voit également une image allongée de ce trou présentant la suite des couleurs de l'arc-en-ciel. C'est encore le spectre solaire que l'on aperçoit ainsi, et c'est la manière la plus simple de l'observer. On ne doit pas, dans ce cas, opérer sur la lumière venant directement du soleil, parce qu'elle est trop vive : on regarde le trou de manière à recevoir dans l'œil de la lumière diffuse, venant par exemple de quelque nuage blanc.

lant à l'œil nu on ne verrait qu'une seule image de l'ouverture pratiquée dans le volet de la chambre obscure, on en voit en réalité plusieurs lorsqu'on oblige la lumière venant de cette ouverture à passer à travers le prisme avant d'entrer dans l'œil. Ces diverses images se distinguent les unes des autres par leurs couleurs différentes; mais, comme elles sont très-voisines, elles empiètent les unes sur les autres de manière à donner lieu à une image unique allongée sur laquelle on voit un passage insensible d'une couleur à une autre, une véritable dégradation de teinte depuis l'extrémité de teinte qui est rouge jusqu'à celle qui est violette, en passant par les couleurs intermédiaires, jaune, verte, bleue.

Pour arriver à séparer les unes des autres, s'il est possible, ces images partielles, produites par les diverses lumières simples dont se compose la lumière blanche, il est naturel de chercher à rendre chacune de ces images extrêmement étroite, afin d'empêcher qu'elles n'empiètent les unes sur les autres. Il suffit pour cela de donner à l'ouverture qui laisse passer la lumière du dehors la forme d'une fente de peu de largeur; de se placer loin de cette fente pour la regarder, et de tourner le prisme de manière que ses arêtes soient parallèles à la longueur de la fente. C'est ce que fit Wollaston en 1802, un siècle après la découverte du spectre solaire par Newton. Le résultat répondit en partie à son attente : il vit le spectre produit par la fente divisé en plusieurs portions par quatre ou cinq raies noires transversales très-fines, dont quelques-unes d'une grande netteté. En soumettant au même mode d'examen quelques lumières artificielles, telles que la flamme d'une chandelle et l'étincelle électrique, il obtint des *résultats analogues* mais non identiques avec celui que lui avait donné la lumière du soleil. Mais en se contentant de regarder ainsi simplement avec son œil à travers le prisme, Wollaston ne fit réellement qu'entrevoir le phénomène qu'il cherchait. Il était réservé à Fraunhofer de l'apercevoir dans toute sa splendeur.

En 1815, ce célèbre opticien de Munich, sans connaître la tentative faite treize ans auparavant par Wollaston, essaya de même de regarder à travers un prisme l'image spectrale d'une fente lumineuse étroite ; mais, pour observer cette image dans tous ses détails, il se servit d'une lunette interposée entre le prisme et son œil. Le spectre lui apparut alors traversé, non pas seulement par quatre ou cinq raies noires, mais bien par un nombre considérable de ces raies : il en vit plus de six cents. L'angle du prisme, la nature de la substance transparente dont il était formé, n'avaient, ainsi qu'il eut soin de le constater, aucune influence sur le nombre et la position de ces raies : elles appartenaient en propre à la lumière même que le prisme analysait ainsi, à la lumière solaire. Il se mit alors à fixer par des mesures précises les positions relatives d'un grand nombre de ces raies, et fit un dessin du spectre qui en renferme trois cent cinquante-quatre. Il reconnut aussi, comme Wollaston, que les spectres fournis par diverses lumières artificielles se distinguent par une disposition spéciale des raies, ou même par leur absence complète.

La découverte de Fraunhofer fixa l'attention des physiciens. Des expériences nombreuses furent entreprises pour étudier le curieux phénomène qu'il avait révélé au monde savant.

On reconnut ainsi que la lumière émise par les corps solides ou liquides incandescents produit un spectre qui ne présente aucune raie, ainsi qu'on le constate en observant, par exemple, un morceau de charbon en ignition, ou bien un morceau de chaux placé au milieu de la flamme de l'hydrogène en combustion.

Les gaz rendus lumineux par une température très-élevée produisent des spectres qui présentent, non pas des raies obscures comme le spectre solaire, mais au contraire des raies brillantes disposées d'une manière analogue. Ces raies brillantes varient de nombre et de position suivant la nature du corps gazeux dont on observe la lumière. Dans les décharges électriques entre les extrémités de deux fils métalliques conducteurs placées à une petite distance l'une de l'autre, il y a production d'une température très-élevée, en vertu de laquelle de petites parcelles de ces fils se volatilisent ; la lumière de l'étincelle est due à la fois à l'incandescence de ces parties métalliques, et à celle du gaz tel que l'air au milieu duquel la décharge a lieu : le spectre produit par cette lumière se compose de raies fines et brillantes, dont les unes sont dues aux métaux volatilisés, les autres au milieu gazeux au sein duquel le phénomène se passe.

Les raies obscures, telles que celles que Fraunhofer a découvertes en si grand nombre dans le spectre solaire, sont des raies d'absorption ; elles sont dues au passage de la lumière à travers un gaz qui absorbe une partie des rayons entrant dans la composition de cette lumière. C'est ce que reconnut Brewster en 1833, en faisant passer la lumière d'une lampe à travers une certaine quantité de gaz acide nitreux : après son passage par ce gaz, la lumière produisait un spectre contenant un grand nombre de raies obscures, dont on ne voyait aucune trace lorsque le spectre était formé par la même lumière employée directement sans l'interposition du gaz.

Enfin un rapprochement très-remarquable a été établi entre les raies brillantes produites par un gaz incandescent et les raies obscures que ce même gaz occasionne dans le spectre d'une lumière qui le traverse : ces raies, brillantes dans un cas, obscures dans l'autre, occupent dans le spectre des places absolument identiques. Là où le gaz hydrogène, par exemple, produit une raie brillante lorsqu'il est rendu incandescent, le même gaz produit une raie obscure par l'absorption qu'il exerce sur une lumière étrangère qui vient le traverser. Cette circonstance remarquable, connue sous le nom de *renversement du spectre*, a été signalée pour la première fois par Foucault en 1849, puis établie d'une manière définitive dix ans plus tard par M. Kirchhoff.

Les gaz de diverses natures, et les vapeurs des corps que nous voyons habituellement à l'état solide ou liquide, les vapeurs des métaux, par exemple, donnant lieu à des systèmes de raies, soit brillantes, soit obscures, qui sont propres à chacun de ces corps gazeux, et qui diffèrent de l'un à l'autre, on comprend qu'il en résulte un caractère spécial et net auquel la nature de chaque corps peut être reconnue. L'examen des raies du spectre lumineux produit sous l'influence d'une substance gazeuse quelconque peut donc conduire à la connaissance des corps simples qui entrent dans la composition de ce gaz ; de sorte qu'on a là une véritable méthode d'analyse chimique : c'est ce qui constitue l'*analyse spectrale*.

Qu'on me permette d'établir ici une comparaison qui contribuera, je l'espère, à faire bien comprendre la véritable nature de ce nouveau et si curieux mode d'investigation. On

sait que le son provient des vibrations d'un corps élastique, vibrations qui se transmettent à l'air, et arrivent ainsi à notre oreille. Les phénomènes lumineux paraissent consister également en vibrations d'une nature différente et d'une rapidité incomparablement plus grande, qui se propagent dans l'espace par le moyen d'un fluide spécial nommé *éther*, et viennent ainsi impressionner notre œil. Il y a donc une certaine analogie entre le son et la lumière. Il arrive quelquefois qu'on entend un bruit confus, puis que, les circonstances aidant, et en prêtant l'oreille, on finit par reconnaître dans ce bruit l'ensemble des sons produits par un orchestre : on peut alors, par une propriété spéciale de notre organe de l'ouïe, distinguer chacun des sons que l'on entend, juger de la hauteur de chacun d'eux, et même, jusqu'à un certain point, reconnaître l'espèce particulière d'instrument à l'aide duquel il est produit. Dans l'analyse spectrale, nous faisons quelque chose d'analogue. La lumière qu'un corps envoie directement dans notre œil y produit une sensation semblable à celle d'un bruit confus dans notre oreille ; mais le prisme nous permet d'analyser cette sensation, d'en distinguer nettement les diverses parties constituantes, et de remonter ainsi jusqu'à la nature même du corps vibrant auquel est due chacune de ces parties.

Application de l'analyse spectrale à l'étude de la composition chimique des astres.

Fraunhofer n'hésitait pas à regarder les nombreuses raies noires qu'il avait découvertes dans le spectre solaire comme ayant leur origine dans la nature même de la lumière du soleil. Brewster, après avoir reconnu que ces sortes de raies sont dues à l'absorption de certains rayons lumineux par les gaz que la lumière traverse, en avait conclu que les raies de Fraunhofer étaient des raies d'absorption dues à l'atmosphère du soleil. Plus tard, lorsque Kirchhoff eut établi d'une manière irrécusable le fait important du *renversement du spectre* dont nous avons parlé tout à l'heure, il n'eut plus qu'à étudier avec soin les systèmes de raies brillantes produites par diverses substances gazeuses incandescentes, et à les comparer aux raies obscures que présente le spectre solaire, pour reconnaître, par la coïncidence des unes et des autres, lesquelles de ces substances gazeuses existent réellement dans l'atmosphère du soleil.

Le fer, qui, à l'état de vapeur incandescente, fournit un spectre contenant un très-grand nombre de raies brillantes, donna lieu, sous ce rapport, à un résultat frappant : M. Kirchhoff trouva une coïncidence aussi complète que possible entre 60 de ces raies brillantes et autant de raies obscures du spectre solaire. Depuis le travail de M. Kirchhoff, le nombre de ces coïncidences relatives au fer seul a été beaucoup augmenté. Il est impossible de voir là un simple effet du hasard : on ne peut s'empêcher d'en conclure, avec un degré de certitude qui est rarement surpassé et même atteint dans l'étude des phénomènes naturels, que l'atmosphère du soleil renferme du fer à l'état gazeux.

D'après les recherches de M. Kirchhoff, l'atmosphère solaire renferme encore du calcium, du magnésium, du sodium, du chrome, du nickel, et probablement, mais en petite quantité, du baryum, du cuivre et du zinc. Les mêmes recherches ont conduit leur auteur à déclarer que l'or, l'argent, le mercure, l'aluminium, le cadmium, l'étain, le plomb, l'antimoine, l'arsenic, le strontium, le lithium et le silicium ne sont pas visibles dans l'atmosphère du soleil. A la liste des corps simples dont la présence dans cette atmosphère est bien constatée, on a ajouté depuis l'hydrogène et le manganèse ; l'existence du strontium, du cobalt et du cadmium a été trouvée probable.

La température énorme que doit avoir le soleil permet d'admettre sans la moindre difficulté que son atmosphère renferme, à l'état de vapeur, les divers corps qui viennent d'être indiqués. D'un autre côté, le volume de cet astre étant égal à 1 280 000 fois celui du globe terrestre, et sa masse étant seulement 320 000 fois plus grande que la masse de la terre, la densité moyenne du soleil n'est que le quart de celle de la terre, et, par conséquent, n'est guère supérieure à celle de l'eau. D'après cela, il est difficile de croire que le soleil soit un corps solide recouvert d'une enveloppe de nuages éblouissants constituant ce que l'on nomme la *photosphère*. Nous sommes porté, au contraire, à nous ranger à l'ingénieuse hypothèse de notre confrère M. Faye. Suivant lui, le soleil serait une masse gazeuse d'une température très-élevée. En raison de cette haute température, les diverses substances simples qui entrent dans sa composition ne pourraient pas se combiner entre elles, mais le refroidissement superficiel dû au rayonnement vers les espaces célestes permettrait à des combinaisons de se produire, ce qui, par la formation de précipités solides pulvérulents disséminés dans les couches extérieures de la masse gazeuse, donnerait lieu à la lumière éblouissante de la photosphère. Par suite de leur plus forte densité, ces précipités solides descendraient peu à peu dans l'intérieur de la masse, où ils seraient décomposés par la haute température qu'ils rencontreraient, et reviendraient à l'état gazeux ; d'ailleurs ces courants descendants détermineraient la formation de courants ascendants, en vertu desquels les matières de l'intérieur se rapprocheraient de la surface, de telle sorte que la masse gazeuse tout entière contribuerait ainsi à entretenir l'énorme production de chaleur et de lumière à la surface de l'astre. Les taches, variables de nombre, de position, de forme et de grandeur, que l'on voit habituellement sur le soleil, ne seraient autre chose que des éclaircies produites accidentellement, au milieu des nuages éblouissants de la photosphère, par les courants dont nous venons de parler (1).

Dès 1833, Brewster avait remarqué que les parties obscures du spectre solaire ne doivent pas être toutes attribuées à la lumière du soleil ; il avait signalé certaines bandes obscures, qui sont de plus en plus marquées à mesure que le soleil descend près de l'horizon, et qu'il regardait comme dues à l'absorption de certains rayons lumineux par l'atmosphère de la terre. Ses idées ont été pleinement confirmées par M. Janssen, qui, à l'aide de spectroscopes perfectionnés et puissants, est parvenu à résoudre ces bandes obscures en raies fines et bien définies, et a démontré, par des expériences ingénieuses et décisives, que ces raies sont bien dues au passage de la lumière solaire à travers l'atmosphère de la terre, et principalement à travers la vapeur d'eau que cette atmosphère renferme (2).

---

(1) Voyez dans notre tome II, page 146, l'exposé du système de M. Faye.

(2) Voyez dans notre tome III, page 633, une note de M. Janssen sur ce sujet.

En observant les divers corps de notre système planétaire, qui ne sont pas lumineux par eux-mêmes, et que nous n'apercevons que parce qu'ils sont éclairés par le soleil, on doit trouver dans leur lumière tout ce que renferme la lumière venant directement du soleil, et en plus les raies d'absorption dues à l'atmosphère particulière du corps par lequel cette lumière solaire nous est renvoyée. On peut donc en tirer quelques notions sur les atmosphères dont ces divers corps sont environnés. La lumière de la lune, soumise à cet examen, ne donne rien de plus que la lumière solaire directe : c'est une preuve de plus à joindre à celles que nous avons déjà de l'absence d'atmosphère sur notre satellite. Le spectre de Jupiter présente une bande foncée qui correspond à quelques raies atmosphériques de la terre; une autre bande signale dans l'atmosphère de cette planète la présence de quelque substance que nous ne connaissons pas. Le spectre de Saturne est analogue à celui de Jupiter, mais plus faible et plus difficile à analyser. D'après l'examen de ces deux spectres, il est vraisemblable que les atmosphères de Jupiter et de Saturne renferment de la vapeur d'eau.

Fraunhofer avait déjà pu observer les spectres de quelques étoiles, telles que Sirius, Castor, Pollux, la Chèvre, Bételgeuze, Procyon; il avait reconnu que ces spectres différaient plus ou moins du spectre solaire par leurs raies principales. Des dispositions spéciales données aux spectroscopes, et l'emploi de puissantes lunettes pour concentrer une grande quantité de lumière, ont permis d'étendre considérablement le champ de ces observations. Le père Secchi, auquel on doit d'importants travaux sur ce sujet, a publié récemment un mémoire qui contient la description plus ou moins détaillée des spectres de 316 étoiles. Il a pu ainsi reconnaître que, sauf quelques rares exceptions, les étoiles peuvent être rapportées à trois types particuliers, et que chacun de ces trois types domine de préférence dans certaines régions du ciel. Le premier type comprend les étoiles blanches, telles que Sirius, α de la Lyre, α de l'Aigle, etc., et s'étend à la moitié environ des étoiles examinées. Il est caractérisé surtout par la présence du gaz hydrogène à une très-haute température; outre l'hydrogène, beaucoup de ces étoiles renferment très-distinctement d'autres substances telles que le sodium et le magnésium. Un deuxième type, presque aussi nombreux que le premier, comprend les étoiles qui ont une composition à peu près identique avec celle de notre soleil; on y trouve notamment Arcturus, la Chèvre, Pollux, etc. Le dernier type, le moins nombreux des trois, a un caractère spécial qui semble indiquer la présence de gaz à basse température : les étoiles qu'il renferme, telles que Bételgeuze ou α d'Orion, Antarès, α d'Hercule, etc., ont généralement une teinte rougeâtre; leur lumière semble être celle des deux types précédents, modifiée par le passage à travers une atmosphère absorbante, telle que celle de nos planètes.

Les nébuleuses elles-mêmes ont été soumises à l'analyse spectrale. Malgré la faiblesse de ces lueurs blanchâtres, qui indiquent la présence d'une matière très-rare disséminée dans des espaces d'une étendue considérable, M. Huggins, et d'autres après lui, ont pu produire avec leur lumière des spectres très-sensibles. Il en est résulté des indications d'une extrême importance sur la nature de ces nébuleuses. En les observant avec les télescopes les plus puissants, on avait reconnu qu'un certain nombre d'entre elles n'étaient autre chose que des amas d'étoiles d'un faible éclat; d'autres, au contraire, vues dans les mêmes instruments, avaient conservé leur aspect de nébuleuses, sans aucune apparence sensible de points brillants distincts : d'où la division en *nébuleuses résolubles* en étoiles et *nébuleuses non résolubles*. Mais cette distinction des nébuleuses en deux espèces était-elle bien fondée sur la véritable nature de ces amas de matière, ou bien tenait-elle seulement à ce qu'on n'avait pas employé des instruments d'une puissance suffisante pour les résoudre toutes en étoiles? L'indécision qui restait sur ce point a disparu complétement par l'emploi de l'analyse spectrale. On a reconnu ainsi qu'une partie au moins des nébuleuses dites *non résolubles* sont des masses de gaz à l'état incandescent et non des amas d'étoiles. Leurs spectres présentent un petit nombre de raies brillantes, qui signalent notamment la présence de l'hydrogène et de l'azote.

Les comètes se comportent comme les nébuleuses non résolubles, et doivent être regardées comme des masses gazeuses douées d'une lumière propre.

Une étoile brillante ayant paru subitement, au mois de mai 1866, dans la constellation de la Couronne boréale, pour disparaître ensuite dans l'espace de quelques jours, on s'est empressé de soumettre à l'analyse spectrale la lumière de cette étoile, qui n'était, du reste, autre chose qu'une étoile connue, mais très-faible, devenue momentanément étincelante. Le spectre obtenu a présenté l'aspect du spectre d'une étoile analogue à notre soleil, *traversé par un certain nombre de raies brillantes*. Cette dernière circonstance indiquait la présence d'un gaz lumineux, à une température très-élevée, et contenant de l'hydrogène. « Le caractère du spectre de » cette étoile, disent MM. Huggins et Miller, rapproché de la » soudaine explosion de sa lumière et de la diminution rapide » de son éclat, nous amène à supposer que, par suite de quel» que grande convulsion intérieure, de grandes quantités de » gaz s'en sont dégagées, que l'hydrogène qui en faisait par» tie s'est enflammé en se combinant avec quelque autre élé» ment, et a fourni la lumière représentée par les raies bril» lantes; qu'enfin les flammes ont chauffé la matière solide » de la photosphère de l'étoile jusqu'à une vive incandescence. » Lorsque l'hydrogène a été épuisé, tout le phénomène a di» minué d'intensité, et l'étoile s'est éteinte rapidement. » Ne trouve-t-on pas là tous les caractères d'un véritable incendie, qu'il nous a été donné d'apercevoir dans la profondeur des espaces célestes? Il ne faut pas oublier que, vu l'immense éloignement du lieu où s'est produit ce phénomène, la lumière a dû mettre un temps considérable à venir nous en avertir, et qu'il y avait peut-être dix ans, vingt ans, cent ans et même plus, qu'il était terminé lorsque nous nous en sommes aperçus.

On voit, par le peu que nous venons de dire, combien est féconde la voie nouvelle ouverte à nos investigations par l'examen des spectres lumineux. Nous ne sommes qu'au début des recherches que cet instrument nouveau permet d'entreprendre pour l'étude de la constitution de l'univers; la riche moisson qu'il nous a déjà fournie peut nous faire pressentir l'importance des résultats que la science est appelée à en retirer.

DELAUNAY,
Professeur à l'École polytechnique et à la Sorbonne.

M. W. STANLEY JEVONS.

Sur l'épuisement probable des mines de houille d'Angleterre.

I. Le charbon extrait des mines de houille d'Angleterre dans le cours de l'année 1866 s'élevait à plus de cent millions de tonnes (exactement 101 630 544, suivant les excellents rapports du Bureau de statistique des mines publiés par M. Robert Hunt). Si l'on réfléchit à toute la signification de ce fait, on peut affirmer :

1° Que le commerce de la houille dans ce royaume est le plus grand auquel jamais nation se soit livré.

2° Que chaque livre de cette immense quantité de houille peut être considérée comme étant une livre de la marchandise réellement la plus précieuse qui ait jamais été découverte.

3° Que la puissance et l'utilité de la houille se font sentir dans chaque branche d'industrie et à peu près dans toutes les opérations que nous accomplissons.

4° Que la Grande-Bretagne possède le bienfait de cette substance inestimable à un degré tout spécial.

5° Que nous ne pouvons espérer rester fort longtemps encore dans cette situation très-heureuse.

II. On ne peut représenter à l'œil et à l'esprit une masse aussi grande de matière. Son volume dépasse trente fois celui de la pyramide de Chéops, le plus gigantesque des monuments sortis de la main des hommes. Jamais nation n'a reçu dans ses ports autant de marchandises que la nation anglaise; et cependant il faudrait sept fois plus de navires qu'il n'en est entré dans nos ports en un an pour transporter toute la masse de houille que nous consommons.

Plus de la moitié de tout le trafic des trains de marchandises sur les chemins de fer du Royaume-Uni est employée au transport de la houille. Autant que nous pouvons juger sur des statistiques qui ne distinguent pas toujours la nature des objets transportés, le trafic des trains de marchandises sur le Royaume-Uni a été en 1865 :

Marchandises générales	36 800 000 tonnes.
Minerais	18 300 000
Total	55 100 000
Charbon et coke	59 500 000
Total général	114 600 000 tonnes.

Nota. — Au titre de marchandises générales ne figurent point les bestiaux, dont le poids n'est pas connu.

III. On ne peut se rendre compte de ce vaste commerce que par les qualités étonnantes que possède le charbon. *Il est la source principale de notre industrie matérielle.* On peut le considérer comme la *pierre philosophale*, car il donne à bon marché et avec abondance tout ce qui peut être utile au service de l'homme. Cette utilité extrême du charbon est due :

1° A l'énorme pouvoir qu'il renferme à l'état latent et qu'on en fait sortir lorsqu'on le brûle.

2° Au fait, maintenant si clairement révélé par la science, que *la force est la clef de tous les changements de la matière.*

A l'aide de l'équivalent mécanique de la chaleur, nous pouvons constater que le charbon de bonne qualité contient [...] pesanteur. Le charbon extrait des mines pendant l'année 1866 peut être considéré comme égal au travail de 530 000 000 de chevaux ou de 2 650 000 hommes travaillant huit heures par jour pendant 300 jours.

IV. Cette immense puissance sert à un nombre indéfini d'objets que nous pouvons classer sommairement de la manière suivante :

1° COMME SOURCE DE CHALEUR. — *a. Pour les usages domestiques.* Chauffer et ventiler les maisons, les églises et les édifices publics.

b. Pour altérer la cohésion des substances. — Fondre et couler, adoucir et forger les métaux. — Feu des forgerons. — Fabrication du verre, des briques, des poteries, etc. — Faire bouillir le sel, le savon, etc., les sirops dans les brasseries et les distilleries, dessécher les substances. — Manufactures de produits chimiques.

c. Production de puissance motrice par les machines à vapeur, à gaz ou à air chaud. — Pomper l'eau, drainer les mines; distributions d'eau; enlever les eaux des égouts. — Navigation à vapeur. — Chemins de fer et locomotion des routes. — Marteler, laminer et travailler les métaux. — Moulins et travail des manufactures. — Machines hydrauliques et pneumatiques. — Petites machines mises en mouvement par le moteur à gaz. — Machines agricoles; labourage à vapeur, etc. — Fabrication de la glace.

2° COMME AGENT DE RÉDUCTION; SOURCE DE CHALEUR ET AFFINITÉ CHIMIQUE. — Réduction des métaux, fer, cuivre, plomb, zinc, etc. — Manufactures chimiques.

3° COMME SOURCE INDIRECTE D'ÉLECTRICITÉ PAR LES MACHINES MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES. — Électro-télégraphie. — Électro-métallurgie.

4° COMME SOURCE DE LUMIÈRE. — Fabrique de gaz, pétrole, chandelles de paraffine. — Illumination des phares électriques. — Photographie à la lumière artificielle.

5° COMME SOURCE DE CERTAINES SUBSTANCES. — Goudron, poix, naphte, huiles lubrifiantes. — Engrais ammoniacaux; acide carbolique, couleur d'aniline, odeurs et saveurs éthérées, etc.

C'est seulement en réunissant les divers usages du charbon que nous pouvons arriver à nous faire une idée de son importance, et à nous convaincre que sa consommation doit encore s'accroître.

Si nous comparons la récolte annuelle de houille (100 000 000 de tonnes) avec la quantité que, suivant M. Hull, ces îles possèdent à 4000 pieds de la surface et dans des conditions qui en permettent l'exploitation, nous arrivons à penser que nous en avons encore pour 835 ans, car ce savant géologue en trouve 83 500 000 000 de tonnes. Mais si nous réfléchissons que la consommation s'est accrue de 36 millions en douze ans, qu'elle a passé de 65 millions en 1854, à 101 000 000 en 1866, et que les causes d'augmentation persistent, nous arrivons à n'attacher aucune importance au calcul précédent. En effet, il n'y a point à présumer que la navigation ou les chemins de fer aient le moins du monde approché du dernier développement qu'ils peuvent atteindre dans ce pays. Au contraire, la charrue à vapeur, le drainage à vapeur, l'emploi de presses hydrauliques à vapeur, l'introduction des machines à gaz dans les ateliers et une foule d'autres

usages nouveaux nous donnent des symptômes d'un accroissement de consommation.

V. On peut remarquer que l'économie dans le combustible ne tend point à diminuer la consommation industrielle du charbon ; elle travaille dans une direction opposée, et accroît l'usage du travail au charbon en augmentant ses avantages. Presque tous les perfectionnements de la machine à vapeur depuis un siècle et demi ont tendu à économiser le charbon, et cependant les quantités brûlées ont monté *pari passu* avec la production économique de la force.

Il est donc tout à fait irrationnel de supposer que l'économie progressive dans la dépense nécessaire pour obtenir un effet donné, qui s'est produite jusqu'ici en même temps que l'accroissement de la consommation générale, peut avoir des effets différents dans l'avenir.

VI. Quant à ce qui regarde la loi de l'accroissement de la consommation du charbon, l'expérience et la théorie sont d'accord pour nous faire croire que cette augmentation a lieu en série géométrique, beaucoup plus par multiplication que par simple addition.

Les nombres suivants nous indiquent la différence en question :

Série arithmétique augemntant par addition :

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, etc...

Série géométrique augmentant par multiplication :

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, etc...

Le tableau suivant montre que, quand nous pourrons nous procurer une statistique exacte de la consommation du charbon, nous trouverons que les accroissements varient plutôt à la manière d'une série géométrique qu'à celle d'une série arithmétique.

Années.	Quantités totales entrées à Londres.	Accroissements en cinquante années.
1650...........	216 000	....
1700...........	428 000	212 100
1750...........	688 000	260 100
1800...........	1 099 000	410 000
1850...........	3 638 883	2 539 000
1863...........	5 119 887	5 696 170 (1).

Ces chiffres, et tous ceux qui ont été cités dans la *Question du charbon* (2), chapitres IX, X et XI, montrent que notre industrie s'accroît par multiplication, et que le multiplicateur va plutôt en grandissant qu'en diminuant. Les dépressions temporaires de notre commerce semblent de temps en temps arrêter la rapidité de cet accroissement; mais on n'a qu'à attendre un an ou deux pour voir l'industrie marcher de nouveau à pas de géant. On ne peut accorder la moindre confiance aux tableaux de la production de la houille dans ce royaume, excepté à ceux de M. Robert Hunt, le directeur des mines. Voici comment il établit les progrès de l'industrie du charbon dans le Royaume-Uni :

Années.	Charbon extrait des mines (tonnes).	Charbon exporté (tonnes.)
1854...........	64 661 000	4 305 000
1855...........	64 453 000	4 976 000
1856...........	66 645 000	5 879 000
1857...........	65 334 000	6 737 000
1858...........	65 000 000	6 529 000
1859...........	71 979 000	7 081 000
1860...........	80 042 000	7 412 000
1861...........	85 635 000	7 222 000
1862...........	83 638 000	7 644 000
1863...........	88 252 000	7 529 000
1864...........	92 787 000	8 063 000
1865...........	98 156 000	8 586 000
1866...........	101 630 000	9 367 000

Il est impossible de voir sans quelque degré d'alarme une augmentation aussi rapide que celle qu'indiquent les chiffres précédents. Sans aucun doute, notre production s'élèvera bientôt à 200 millions. On peut faire ce calcul alarmant que si, pendant cent dix ans, nous augmentons notre production de charbon aussi rapidement que dans les douze années dernières, nos couches seront épuisées jusqu'à une profondeur de 4000 pieds. *Cette supposition n'est point présentée comme une hypothèse sérieuse*, mais comme une sorte de *reductio ad absurdum*. La conclusion à en tirer, c'est simplement que la nation ne peut progresser en richesse matérielle, pendant les cent dix années qui vont s'écouler, autant qu'elle l'a fait depuis le commencement de ce siècle. L'étendue limitée de nos couches de charbon ne nous permettront point d'augmenter notre production avec autant de prodigalité que nous l'avons fait jusqu'à ce jour. Mais ce qui peut être pénible, c'est précisément la nécessité de substituer à un progrès rapide, soit un progrès plus lent, soit même un état stationnaire. En effet, la population et la production, une fois mises en mouvement, possèdent une sorte de force vive, et l'on ne peut les arrêter sans convulsions et sans malheurs.

VII. Le sujet prend un aspect plus grave encore quand nous considérons les ressources en charbon et la production des autres pays aussi bien que du nôtre.

Suivant les dernières statistiques que nous avons pu nous procurer, il semble que l'extraction annuelle de houille est ainsi distribuée parmi les différentes nations de la terre.

	Tonnes.
Grande-Bretagne..................	101 630 000
États-Unis..................	25 860 000
Prusse et Zollverein..................	20 610 000
France..................	10 710 000
Belgique..................	9 935 000
Autriche..................	4 500 000
Amérique anglaise..................	1 500 000
Russie..................	1 500 000
Espagne..................	300 000
Nouvelle-Galles du Sud..................	250 000
Irlande..................	123 500
Total..................	176 918 500

Il résulte donc de ces chiffres, que nous produisons beaucoup plus de la moitié (57 pour 100) de la masse de charbon tirée chaque année de la terre, quoique notre population ne soit pas un *quarantième* de la population du globe. Si à nos propres produits de charbon nous ajoutons celui des États-Unis et de nos colonies, nous pouvons conclure que la race teutonique produit 73 pour 100, ou près des trois quarts de la valeur totale. Il est presque impossible d'évaluer trop haut les forces agissant en notre faveur, et qui sont représentées par

(1) Ce nombre est celui qu'on obtiendrait si l'on supposait que la même vitesse d'accroissement de la consommation se maintînt pendant cinquante années consécutives.

(2) *La Question du charbon* (*Coal Question*); *enquête sur les progrès de la nation et l'épuisement probable de nos mines de houille*, par W. S. Jevons, M. A. 2e édition, revue. Londres, 1866 (Mac Millan).

ce monopole partiel du plus puissant agent matériel de civilisation.

Il est difficile de croire que l'on connaisse exactement pour une seule nation la quantité réelle de charbon qu'elle possède. Cependant on peut avoir une idée approximative de l'échelle de ces ressources à l'aide du tableau suivant de la superficie du terrain houiller, tel que l'a dressé le professeur Rogers.

	Surface du terrain houiller en milles carrés.
États-Unis	196 650
Colonies anglaises du nord de l'Amérique	7 530
Grande-Bretagne	5 400
France	984
Prusse	960
Belgique	510
Bohême	400
Westphalie	380
Espagne	200
Russie	100
Saxe	30

Quoique la Grande-Bretagne soit plus riche qu'aucune des nations du continent européen, ses ressources sont insignifiantes quand on les compare à celles de l'Amérique du Nord, et il n'y a plus longtemps à attendre pour que les effets de notre pauvreté relative en charbon commence à se faire sentir.

VIII. On a l'habitude de répéter partout que l'on trouvera quelque substance pour remplacer le charbon avant qu'il soit épuisé, et l'on fait appel au vieux proverbe : *Nécessité est mère de l'invention*. Mais il n'est pas besoin de beaucoup de philosophie pour comprendre que ce proverbe n'est que très-partiellement vrai. Nous vivons dans un état chronique de nécessités et de difficultés, et les grandes découvertes dont nous jouissons sont des circonstances exceptionnelles qui nous ont permis d'échapper d'une façon inespérée au travail et à la douleur. Nous n'avons aucune raison sérieuse pour supposer que lorsqu'un avantage exceptionnel nous aura été retiré, un autre nous sera immédiatement accordé.

L'idée favorite que l'électricité sera la source future de la force motrice est entièrement fallacieuse et erronée. En effet, la machine magnéto-électrique, mise en mouvement par le charbon, est maintenant la source d'électricité qui coûte le moins cher, et, à l'aide de perfectionnements graduels, comme ceux réalisés par M. Wilde, elle deviendra encore une source moins chère d'électricité. Les éléments mêmes de la batterie électrique ont toujours été donnés par le pouvoir réducteur du charbon. Si le charbon devient, comme il y a toute raison de le croire, une source de moins en moins chère d'électricité, il serait absurde de supposer que l'électricité pût supplanter le pouvoir du charbon.

On peut concevoir évidemment que, dans le cours des âges, quelque puissance inconnue puisse être découverte. Mais il n'y a aucune raison pour supposer que l'Angleterre, qui n'est que la quatre centième partie de la surface terrestre, soit aussi richement douée de cette nouvelle source de puissance qu'elle l'est en charbon. Si les rayons du soleil devaient, dans l'avenir, être la source directe du pouvoir mécanique (1), ce seraient les plaines d'Afrique et d'Australie qui deviendraient le siége de l'industrie, et elle s'empresserait d'abandonner notre île obscure.

IX. Les conclusions auxquelles nous devons arriver sur ce sujet sont les suivantes :

1° Le pouvoir du charbon s'étend et se fait sentir de plus en plus chaque jour. Il prend de plus en plus la place du vent, des chevaux, du travail manuel, et il devient l'assistant universel.

2° Nous sommes conduits chaque jour à étendre notre consommation d'une substance si précieuse, et l'expérience prouve que notre consommation s'accroît à mesure que nous multiplions ses usages.

3° Notre consommation ne peut déjà plus être négligée devant la quantité totale que nous en possédons, et l'on peut se faire une idée du temps que notre provision durerait, si nous avions une consommation stationnaire.

4° Comme cette consommation s'accroît par voie de multiplication, notre existence nationale est menacée d'être abrégée, et il est évident que l'augmentation ne peut pas se maintenir longtemps au taux actuel.

5° Au moment où nous serons obligés de nous arrêter, d'autres nations qui possèdent des terrains houillers d'une superficie beaucoup plus considérable pourront s'approcher de nous, et finalement nous dépasser.

6° L'épuisement de nos mines de charbon se manifestera sans doute dans les siècles prochains, non point par un arrêt dans la production, mais par une augmentation dans le prix de revient, et, par conséquent, dans l'impossibilité d'accroître la consommation chaque année, comme aujourd'hui.

X. A quelque époque future, lorsque le charbon aura une importance encore plus grande que maintenant, nous nous trouverons dans une position d'infériorité comparative; nous devons faire tous nos efforts pour nous préparer à une pareille éventualité, non point en mettant des restrictions absurdes sur la consommation ou l'exportation du charbon, mais en délivrant la nation du fardeau des dettes, de l'ignorance et du paupérisme qui pèsent sur elle. Nous avons plusieurs grandes tâches à accomplir qui ne peuvent être entreprises avec un espoir raisonnable de succès que lorsqu'une nation se trouve arrivée à un haut degré de prospérité et de progrès. Il est trop tard de penser à de telles entreprises quand notre progrès est arrêté, quand on sent douloureusement la pression du surcroît de population et du manque de travail. C'est seulement dans une période de libre expansion comme celle dont nous jouissons actuellement, que nous pouvons prendre des mesures efficaces pour élever d'une façon appréciable le degré d'éducation, de bien-être et de moralité du peuple. Si nous ne savons point profiter, pour nous acquitter de ce devoir, des ressources abondantes que nous donnent actuellement nos provisions en combustible, nous en faisons incontestablement un mauvais usage.

W. STANLEY JEVONS,
Professeur d'économie politique à Owen's college (Manchester).

— Traduit de l'anglais par W. DE FONVIELLE. —

(1) On sait que le charbon est produit par leur pouvoir réducteur dans l'acte de la végétation; de sorte que les dépôts de la période carbonifère sont en réalité des rayons de soleil accumulés. (W. de F.)

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

DOCTORAT.

THÈSE DE M. BYASSON.

Relation entre l'activité cérébrale et la composition des urines (1).

Est-il possible de démontrer expérimentalement que, lorsqu'un homme travaille du cerveau (et par travail du cerveau ou activité cérébrale, nous entendons plus spécialement ce qu'on est convenu d'appeler la pensée dans ses divers modes), il s'effectue dans cet appareil une dépense provenant de la combustion organique telle que nous l'avons définie, dépense représentée en partie par les produits de désassimilation déversés à l'extérieur par les urines? Des considérations d'un autre ordre ont amené à répondre affirmativement, et, depuis deux ans environ, nous avons tous entendu retentir cette parole du grand physiologiste allemand Moleschott : « Sans le phosphore, point de pensée. » C'était, selon nous, exprimer d'une façon par trop imagée un fait d'une haute importance et qui n'avait pas besoin de s'affirmer et de se répandre sous une pareille forme. On pourrait dire avec autant de vérité : sans le carbone, point de pensée; sans l'azote, point de pensée, etc.

On sait déjà que, chez le même homme en repos ou se livrant à un exercice musculaire violent, la composition des urines est variable quant à la proportion relative des principaux éléments. Chez ce même individu, qui va maintenant exciter plus spécialement son cerveau, verrons-nous apparaître des changements dans ce liquide, et, si la réponse est affirmative, quels sont-ils, et peut-on les distinguer des précédents? Nous reportant aux quelques considérations présentées plus haut, nous voyons que, *dans le premier* cas, on établit la relation qui lie l'activité musculaire au travail interstitiel effectué dans la fibre musculaire par la connaissance des produits formés et déversés à l'extérieur. Dans le second cas et en suivant la même marche, on établit cette même relation entre l'activité cérébrale et les produits de

plifie lorsqu'on arrive à transformer en constantes certaines variables. C'est ce que nous avons fait dans la mesure du possible.

Quelles sont les causes principales qui influent sur la composition des urines chez une personne bien portante? L'alimentation, l'absorption plus ou moins complète des matériaux pris à l'intérieur, l'accroissement physique, l'activité de la respiration, de la circulation, l'état de repos ou de mouvement, l'activité cérébrale, la température extérieure, la pression barométrique; sans parler du sexe, de l'âge et d'autres causes que nous n'avons pas besoin de faire intervenir. Supposons un homme arrivé à son développement physique complet, prenant chaque jour aux mêmes heures les mêmes aliments; admettons que ses matières fécales aient le même poids et la même composition; que la température extérieure, la pression barométrique, l'état hygrométrique, soient identiques, qu'il n'éprouve pas dans son poids de variation appréciable; imaginons-le pendant une série de jours distincts, tantôt à l'état de repos, tantôt à l'état d'activité musculaire, tantôt à l'état d'activité cérébrale; recueillons et analysons ses urines. Si, dans ces conditions, nous découvrons des variations de composition s'effectuant dans le même sens, se répétant avec régularité, ne serons-nous pas en droit d'en rapporter la cause aux différents états dans lesquels s'est trouvé l'organisme, et d'établir des rapports? Il faudrait, pour répondre négativement, ou bien admettre des causes occultes, ou bien supposer des changements profonds et alternatifs passant inaperçus, ne modifiant pas l'état normal et ne pouvant recevoir d'explication.

C'est dans des conditions aussi voisines que possible de celles que nous venons d'énumérer, que nous nous sommes placé. Évidemment, on ne peut s'imposer exclusivement ni l'état de repos, ni l'activité musculaire, ni l'activité cérébrale. Mais on peut d'une manière relative faire prédominer l'un des trois. Il nous arrive à tous de passer des jours calmes de corps et d'esprit, de faire un travail musculaire énergique durant lequel la pensée est en repos relatif; de passer, au contraire, d'autres journées durant lesquelles notre intelligence travaille énergiquement, l'activité musculaire étant presque nulle. . . . .

Tableau résumant les moyennes des diverses expériences.

MOYENNE de la composition des urines pour les jours :	QUANTITÉ en centimètres cubes.	DENSITÉ.	ACIDITÉ exprimée en potasse anhydre.	URÉE.	ACIDE URIQUE.	SUBSTANCES solides anhydres.	SELS ANHYDRES.	SUBSTANCES organiques non dosées.	ACIDE phosphorique anhydre.	ACIDE sulfurique anhydre.	CHLORE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE.	SUBSTANCES minér. non dosées, soude, fer, etc.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
De régime mixte animal......	1432	1,017	0,4858	34,47	0,3722	54,9895	13,0201	7,1581	1,9707	1,0540	4,6193	0,2544	0,1155	0,3700	0,3700
De régime uniforme sans viande	1074	1,012	0,1777	22,41	0,1632	30,5810	5,3714	2,6270	1,6534	0,5982	0,8400	0,1252	0,1142	0,2716	1,7766
De repos.	1157	1,010	0,117	20,04	0,132	29,0940	5,4397	3,066	1,5080	0,4646	1,2239	0,1264	0,1099	0,2531	1,7535
D'activité cérébrale..........	1320	1,010	0,117	23,88	0,136	32,6210	5,797	2,811	1,9777	0,9424	0,4169	0,1212	0,1153	0,2674	1,9534
D'activité musculaire........	752	1,016	0,300	22,89	0,222	30,0193	5,111	2,011	1,4779	0,3878	0,8792	0,1251	0,1173	0,2943	1,6227

ombustion interstitielle formés dans la cellule cérébrale. Nous avons nul besoin ici de savoir quels sont les corps qui se forment sur place, quels sont les changements qu'ils subissent jusqu'au moment où ils sont séparés du sang par le rein. Ces questions fort importantes, et dont la solution pourra certainement être donnée un jour, ne sauraient nous arrêter. L'important pour nous est d'arriver à établir que, lorsque la fonction cérébrale entre en activité, il y a une dépense organique dont nous trouvons les traces manifestes, dépense qui se rapporte incontestablement à l'accomplissement de la fonction.

Lorsqu'on médite ce sujet, on ne tarde pas à reconnaître qu'il

La première observation à faire est le changement immédiat, et en quelque sorte instantané, qui se produit dans la proportion des diverses substances lorsque le régime est modifié; le plus frappant est celui qui est relatif à l'urée. Dès que l'alimentation, au lieu d'être mixte, mais principalement animale, devient presque végétale tout en étant fortement azotée, le chiffre de l'urée baisse immédiatement d'environ 10 grammes, c'est-à-dire de près du tiers pour les vingt-quatre heures. Ce fait, dont nous tirerons plus loin une conséquence importante, est d'accord avec ceux qui résultent d'expériences anciennes de Lehmann et de Frerichs, confirmées depuis par bon nombre de physiologistes.

Les variations principales observées pendant les portent sur la quantité d'urine, la densité, l'acidité

(1) Nous donnons seulement la partie la plus importante de la thèse de M. Byasson.

tion d'urée, d'acide urique, d'acide phosphorique, d'acide sulfurique et de chlore.

Le minimum de la quantité d'urine correspond aux jours de travail musculaire : l'activité plus grande de l'exhalation pulmonaire, la production inévitable d'une plus grande quantité de sueur sont les deux raisons principales de cette diminution. Je signalerai à ce propos un fait que chacun peut facilement vérifier : c'est celui de la résorption de l'eau dans la vessie, dans les circonstances suivantes. Supposez que le besoin d'uriner se fasse sentir assez énergique, qu'on y résiste quelques instants et qu'on se livre immédiatement à un exercice musculaire un peu violent, le besoin disparaîtra, et cela pendant plusieurs heures, en admettant qu'on n'ingère pas de boisson. Ce fait, que d'autres expérimentateurs ont dû nécessairement observer, nous l'avons vu se produire à plusieurs reprises, et il ne peut s'expliquer que par l'absorption de l'eau s'effectuant par endosmose au travers des parois et rentrant dans la circulation par les veines. Cette réabsorption de l'eau s'accompagne-t-elle de celle d'autres principes en dissolution. Nous ne nous prononcerons pas, tout en penchant pour l'affirmative, l'endosmose de l'eau n'ayant jamais lieu sans la dialyse des sels et substances cristallisés qu'elle renferme.

La quantité la plus considérable d'urine éliminée dans les vingt-quatre heures correspond aux jours d'activité cérébrale. Depuis longtemps on a signalé l'abondance des urines dites nerveuses; nous nous bornons à faire remarquer cette coïncidence.

Nous n'avons pas noté dans nos tableaux la coloration des urines ; la variation de cette donnée a son importance comme caractère physique facilement appréciable. A l'état physiologique, plus les urines sont abondantes, moins elles sont colorées, et réciproquement.

La densité varie avec la quantité, diminuant quand celle-ci augmente ; les urines du matin sont cependant les plus denses.

L'urine des vingt-quatre heures a toujours été acide ; l'acidité variable est toujours proportionnelle à la quantité d'acide urique. Contrairement aux résultats des travaux de MM. Lecanu et Lehmann, on voit ce dernier corps éprouver une diminution notable sous l'influence du régime.

Si l'on calcule la quantité de potasse nécessaire à la neutralisation des différents poids d'acide urique obtenus, on trouve qu'elle est inférieure à celle que donne la détermination directe de l'acidité ; les différences entre les deux chiffres sont d'autant plus considérables que les urines renferment plus d'acide urique. L'explication de ce fait découle des observations suivantes : l'acide urique n'est pas le seul acide libre de l'urine ; l'acide hippurique et l'acide carbonique concourent partiellement à l'acidité ; la quantité de ce dernier est proportionnelle au travail musculaire, comme l'a montré M. Morin, et sa variation est dès lors de même sens que celle de l'acide urique.

Il est généralement admis que l'acidité de l'urine est due aux phosphates alcalins transformés en phosphates acides par l'acide urique qui, par l'effet de cette réaction, se trouverait exister à l'état d'urate de soude principalement. Nous ne saurions nous ranger à cette opinion.

D'abord, l'acide urique peut-il enlever la soude au phosphate de soude ordinaire ayant pour formule : $2NaO,HO,PhO^5,HO$. Il ne saurait être question du phosphate tribasique, $3NaO,PhO^5,nHO$, dont quelques auteurs admettent la présence dans l'urine et le sang ; ce sel est si facilement décomposable par l'acide carbonique, toujours à l'état libre dans ces deux liquides, que jusqu'à preuve du contraire, nous serons d'un avis opposé. Pour résoudre la question que nous venons de poser, nous avons fait agir de l'acide urique sur du phosphate de soude dissous dans l'eau en proportion variable, savoir : 1 gramme pour 100, 5 grammes pour 100, 10 grammes pour 100. Nous avons préalablement déterminé le coefficient de solubilité de l'acide urique dans l'eau à 15 degrés, et comme moyenne de quatre évaluations concordantes, nous avons trouvé égal à $\frac{1}{2100}$; le chlorure de sodium ne change pas la solubilité, l'acide chlorhydrique la diminue ; le phosphate de soude, dans les proportions ci-dessus indiquées, l'augmente d'environ le double. Ce dernier corps, bien purifié par plusieurs cristallisations, donne des dissolutions très-légèrement alcalines au papier de tournesol. Lorsque, pendant deux à trois heures, on fait agir vers 60 degrés, en agitant souvent, de l'acide urique en excès sur le phosphate de soude dissous, on remarque, après avoir filtré la liqueur refroidie, les réactions suivantes : la solution est devenue acide, et, au bout de vingt-quatre heures, un dépôt cristallin peu abondant se produit; examinés au microscope, les cristaux affectent la forme de prismes droits à base carrée, bien définis, lorsqu'on a opéré sur la solution à 1 pour 100 de phosphate de soude ; avec les dissolutions à 5 et à 10 pour 100, les cristaux se groupent et apparaissent sous la forme décrite pour l'urate de soude.

Après quarante-huit heures nous avons séparé les cristaux par filtration, et nous avons fait évaporer doucement ; si l'on pousse l'évaporation jusqu'à siccité et qu'on sépare de temps en temps les cristaux formés et analogues aux premiers, on reconnaît que le résidu repris par de l'eau donne une solution à peine acide; si le phosphate de soude avait été transformé en phosphate acide, si de l'urate de soude s'était par suite formé, on devrait arriver à un résultat tout différent. Quels sont donc ces composés cristallins que l'on a séparés ? Lavons-les à plusieurs reprises, desséchons-les ; ils sont peu solubles dans l'eau froide, *calcinons-les* sur une capsule de platine. Un essai préalable nous a appris qu'ils renferment de l'acide urique ; cette dernière opération nous montre qu'ils laissent un résidu fixe, alcalin, mais contenant du phosphate de soude. Le corps était cristallisé, parfaitement défini ; nous sommes par suite obligé d'admettre une combinaison d'acide urique et de phosphate de soude ; ce composé peu soluble donne d'ailleurs une solution acide, et sa solubilité est plus grande dans l'urine que dans l'eau distillée. Nous avons cherché à en déterminer la composition ; mais nous avons été arrêté par la difficulté qu'il y a à séparer les composés, *au moins au nombre* de deux, qui paraissent se former dans les conditions où nous nous sommes placé. Malgré quelques indications que nous pourrions donner, nous préférons réserver entièrement cette question.

Nous avons entrepris ces recherches, sur lesquelles on nous excusera d'insister, à propos d'une question étudiée et débattue par plusieurs chimistes, et entre autres par Berzelius, Vigla, Thenard, Becquerel, Prout, Quévenne, Donné, parce que nous avions reconnu que les dépôts d'urates qui se forment peu après l'émission des urines, dans celles qui en sont chargées, donnent des cendres qui renferment beaucoup de phosphate de soude. Si, dans une urine normale, on retarde la décomposition en y ajoutant quelques gouttes d'essence de pétrole, et laissant après agitation s'étaler à la surface une mince couche, l'acide urique se sépare en cristallisant lorsque sa quantité est supérieure à celle que la solubilité seule permet d'être dissoute. Plusieurs raisons concourent à ce que sa précipitation soit facilitée par l'acide chlorhydrique mélangé à l'urine : 1° Cet acide diminue la solubilité propre de l'acide urique ; 2° il décompose les combinaisons de ce corps avec les phosphates alcalins ; 3° il retarde la fermentation ammoniacale de l'urine, se combine avec l'ammoniaque qui se forme, et qui, à l'état libre, agissant en présence de la chaux et de la magnésie sur les phosphates alcalins, les transformerait en phosphates insolubles, et ferait passer l'acide urique à l'état d'urate de soude, et puis d'urate d'ammoniaque en partie, ce qui explique pourquoi ces différents corps se rencontrent dans les dépôts d'urines altérées. Pour toutes ces raisons, nous concluons que l'acide urique existe dans les urines, partie à l'état libre, partie copulé ou combiné avec les phosphates alcalins.

L'état de repos ou d'activité cérébrale ne modifie pas la proportion d'acide urique, qui se trouve au contraire augmentée les jours d'activité musculaire. Ce dernier résultat semblerait en opposition avec ce fait bien avéré, que, chez un homme d'un genre de vie sédentaire, à alimentation principalement animale, dont les urines sont fortement chargées d'acide urique, l'exercice musculaire, seul, en plein air, en fait notablement diminuer

la proportion. Mais cette diminution n'est qu'apparente, car il est hors de doute, d'après les expériences directes de MM. Wœlher et Frerichs, que cet acide éprouve des oxydations dans le torrent circulatoire, oxydations dont les deux principaux produits sont l'urée et l'acide carbonique. On trouvera à ce sujet de belles considérations scientifiques dans l'*Annuaire thérapeutique* de M. Bouchardat, 1867, article GRAVELLES. Nul doute que tout l'acide urique produit par le travail musculaire n'apparaît pas dans les urines. Il faudrait aussi, dans beaucoup de cas, faire intervenir l'action si remarquable de plusieurs acides organiques, et en particulier ceux de la série aromatique. Dans l'état physiologique, nous concluons que l'exercice musculaire fait apparaître dans les urines une plus grande quantité d'acide urique.

La variation de l'urée en rapport avec les divers états de l'organisme est des plus remarquables. Nous avons déjà fait ressortir l'influence immédiate du régime, et nous voyons que, vingt-quatre heures après avoir quitté l'alimentation mixte animale, comme vingt-quatre heures après l'avoir reprise, le chiffre de cette substance éprouve une variation considérable. On ne peut certainement manquer de se poser la question suivante : D'où vient cette différence, et toute l'urée provient-elle, dans ces conditions, de la désassimilation des tissus en rapport avec leur nutrition et leur fonction? Nous répondons négativement, et nous admettons la formation directe de l'urée dans le sang, surtout lorsque les substances albuminoïdes y arrivent en excès. Cette urée, nous l'appelons *urée de calorification*. Serait-il possible d'expliquer cette diminution si subite de l'urée dans l'espace de vingt-quatre heures sans pouvoir noter de changement dans la température, la respiration, la circulation, sans l'apparition d'aucun phénomène spécial? Pourrait-on dire que, dans un si court espace de temps, la nutrition des tissus puisse être si variable, ou bien que les corps azotés sont assimilés et subissent les métamorphoses régressives descendantes? Nous savons qu'il *déplaît souverainement* aux anatomistes d'admettre que des combustions chimiques ou réactions de ce genre puissent s'opérer dans le sang. Nous ne considérons pas certainement ce liquide comme une simple dissolution de principes immédiats, et l'on doit l'envisager comme un tissu; l'anatomie et la chimie se doivent pour l'étudier un concours réciproque. Mais comment, dans un *milieu si* complexe, à une température si favorable, en *mouvement* continuel, toujours en contact avec l'oxygène de l'air, recevant sans cesse, après la préparation spéciale que leur fait subir l'appareil digestif, des matériaux nouveaux, comment, dans de pareilles conditions, n'y aurait-il pas de combustions directes dans le sang? Et puis ce tissu, considéré en lui-même, ne doit-il pas éprouver les métamorphoses de nutrition? On connaît les expériences de Lehmann et de Frerichs sur la variation de l'urée sous l'influence de l'alimentation; on sait que, dans le jeûne absolu ou accompagné seulement de boissons n'agissant pas comme aliment, l'urée continue à apparaître dans les urines; on sait aussi que, dans ces conditions, sa proportion diminue rapidement si l'on fait prendre à l'animal en expérience des aliments non azotés; la température, qui s'était abaissée, conserve ensuite sa valeur normale. Ces derniers faits prouvent que la désassimilation des tissus peut être provoquée dans le but d'entretenir la chaleur animale, et, au nombre de ces tissus, le sang doit surtout ne pas être oublié. Ainsi nous concluons que, dans l'état normal, et principalement lorsque l'alimentation est trop riche en substances animales azotées, l'urée se forme directement dans le sang, et, pour la distinguer de celle qui provient des autres tissus, nous l'appelons *urée de calorification*.

En suivant la variation de l'urée, on voit le minimum correspondre aux jours de repos; les maxima correspondent aux jours d'activité musculaire et d'activité cérébrale. Ainsi le corps est-il en repos relatif, l'activité cérébrale proprement dite est-elle seule surexcitée, augmentation d'urée dans les urines. Les conditions extérieures sont cependant les mêmes. La différence maximum atteint près de 5 grammes, et nul doute qu'elle serait plus considérable s'il était possible d'arriver à l'état de repos parfait. Ce qui doit encore frapper, c'est la répétition parfaitement concordante des résultats. Les expériences sont disposées de manière qu'un jour d'activité cérébrale succède tantôt à un jour de repos, tantôt à un jour de travail musculaire. Comme nous l'avons déjà fait observer, il est probable, d'après nos résultats, que, dans l'espace de vingt-quatre heures, l'économie se débarrasse par les urines de la majeure partie des matériaux fixes de combustion formés; nous ne pensons pas toutefois qu'on puisse d'une manière rigoureuse fixer ce laps de temps, et, après un exercice violent, quel qu'il soit, il est possible que l'urine recueillie dans le second jour en porte encore la trace. Nous dépasserions notre pensée en disant qu'on peut fixer des limites tranchées à des phénomènes aussi complexes; mais, d'un autre côté, l'expérience est là avec ses résultats, et elle est souveraine. La certitude que la production de la pensée s'accompagne d'une dépense organique, se traduisant principalement par une augmentation de l'urée, servira, nous n'en doutons pas, à expliquer bien des faits, et nous n'entreprendrons pas ici d'essayer même un aperçu.

L'urée rejetée par les urines chez une personne qui ingère une quantité suffisante d'aliments, au nombre desquels figurent ceux d'origine animale, a deux sources bien distinctes et d'importance bien inégale. La plus grande partie provient de la désassimilation des éléments anatomiques formant les tissus; elle est d'autant plus grande, que leur activité, et par suite leur nutrition et leur rénovation sont plus rapides. C'est l'urée en quelque sorte fondamentale, nécessaire, pour qu'il y ait vie; quand sa formation descend au-dessous d'une certaine limite, tout mouvement s'éteint, et la mort en est la conséquence. L'importance de l'urée de calorification est beaucoup moindre, et, dans le cas d'une alimentation peu azotée et relativement riche en matières féculentes et matières grasses, sa proportion doit être bien faible. Cette observation est surtout vraie pour l'être qui, comme l'enfant, est en voie d'accroissement. L'urée de désassimilation provient principalement des appareils organiques dont les fonctions sont le plus en activité, et l'on peut en rapporter en grande partie la production :

1° A l'accomplissement de la respiration, de la digestion et de la circulation, considérées en elles-mêmes;

2° A l'accomplissement de l'activité musculaire volontaire;

3° A l'accomplissement de l'activité cérébrale.

Mais, nous le répétons, si cette distinction ne peut se faire d'une manière absolue à cause de la connexité intime des différents systèmes n'agissant jamais isolément, elle est cependant une conséquence de l'expérimentation.

Dans quelle proportion ferions-nous ces quatre parts principales du chiffre moyen de l'urée dans les cas de l'alimentation mixte animale? Nous tomberions trop dans le champ de l'hypothèse en l'essayant, et il n'y aurait aucune utilité à s'y lancer. Cependant nous croyons possible d'arriver par l'expérience à des approximations.

Nous n'insisterons pas sur les variations quelquefois considérables des substances organiques non dosées directement, et qui comprennent principalement la créatine, la créatinine, l'acide hippurique; nous ne pourrions tirer de cette étude aucune déduction rigoureuse, espérons qu'on arrivera à les doser d'une manière sûre et rapide, et elles fourniront alors des données très-intéressantes.

Le changement de régime fait éprouver aux substances minérales en totalité une variation considérable. Il n'y a dans ce fait, que nous nous bornons à constater, rien qui doive surprendre; la différence porte en grande partie sur le chlorure de sodium, et le vin, relativement riche en sels, formait la boisson principale pour les douze jours d'alimentation mixte.

Les variations observées les plus importantes, les seules que nous puissions déduire de nos analyses, sont relatives aux acides phosphorique et sulfurique, au chlore. On peut les résumer en disant : à l'activité cérébrale est liée l'apparition dans les urines d'une proportion relativement plus considérable des deux pre-

miers corps; à l'activité musculaire celle du chlore. Quelques observations déduites de l'examen des urines de malades atteints de délire aigu et de delirium tremens, publiées par M. Bence Jones, concordent en partie avec nos résultats. Mais nous ferons remarquer avec M. Beale qu'on ne peut les considérer comme complètes, ayant été faites sur des échantillons partiels; mais ces études ont une très-grande importance, et elles viendront, nous en avons l'assurance, compléter et fortifier nos conclusions.

On sera peut-être étonné de voir qu'à l'état de repos le chlorure de sodium est rejeté en plus grande quantité que lorsque le corps est en activité musculaire. Nous ferons remarquer que, depuis les recherches de M. Favre, on sait que ce sel est de beaucoup le plus abondant de ceux que renferme la sueur, et comme cette sécrétion est activée nécessairement par l'exercice musculaire, il faudrait, pour conclure, pouvoir tenir compte de la quantité éliminée par cette voie. Les phosphates et les sulfates sont au contraire en proportion très-faible dans ce liquide, et les différences considérables qui correspondent à l'activité cérébrale et à l'activité musculaire ne peuvent lui être rapportées. On ne peut pas davantage les imputer aux matières fécales. . .

Conclusions. — Nous avons revu et donné une précision plus grande aux dosages : 1° de l'urée par l'azotate de bioxyde de mercure; 2° de l'acide urique; 3° des phosphates par l'azotate d'urane. Nous avons imaginé un appareil simple pouvant servir à déterminer plus exactement la température de l'urine au moment de l'émission : nous avons été conduit à formuler une loi sur la variation de cette donnée, dans les vingt-quatre heures.

La durée des expériences nous a permis de montrer l'influence immédiate et considérable de l'alimentation sur la composition des urines. L'acide urique existe dans les urines, partie à l'état de liberté, partie en combinaison avec les phosphates alcalins.

Les conclusions principales peuvent être formulées ainsi :

L'exercice de l'activité cérébrale proprement dite, ou de la pensée, s'accompagne de la production plus abondante et de l'apparition simultanée dans les urines, d'urée, de phosphates et de sulfates alcalins.

L'exercice de l'activité musculaire s'accompagne de la production plus abondante et de l'apparition simultanée dans les urines, d'urée, d'acide urique et de chlorure de sodium.

Étant données séparément les urines d'un homme qui, pendant trois jours, aura suivi une alimentation uniforme et se sera trouvé dans des conditions extérieures sensiblement identiques, il sera possible, par l'analyse seule, de savoir à chacun desquels correspond, d'une manière relative, l'état ou de repos ou d'activité cérébrale, ou d'activité musculaire.

BYASSON.

MUSÉUM ROYAL DE FLORENCE.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DES CORPS VIVANTS.

COURS DE M. CH. MATTEUCCI
(correspondant de l'Institut).

L'Électro-physiologie (1).

VII

Sommaire. — Généralités théoriques sur les phénomènes nerveux. — Le courant électrique et l'agent nerveux ne sont pas la même chose. — Il y a entre le courant électrique et l'agent nerveux une relation intime, comme entre les autres grandes forces de la nature. — Quelle est l'action du nerf dans le phénomène de la contraction? — Mécanisme de la contraction. — Polarités secondaires, et leur application à l'électro-physiologie. — Application de l'électricité au traitement de certaines maladies, et principes scientifiques sur lesquels elle se fonde. — Guérison de quelques paralysies et de certains troubles de la sensibilité cutanée. — Méthodes et instruments pour appliquer l'électricité aux malades. — Usage du fil de platine rendu incandescent par le courant électrique dans certaines opérations chirurgicales.

Après vous avoir exposé avec des développements suffisants les phénomènes et les lois de l'électro-physiologie qui constituent tout ce qu'il y a de bien fondé dans cette science, je sens que je ne puis terminer la première partie de ce cours, qui traite de l'action de l'électricité sur les nerfs et sur les muscles des animaux vivants ou récemment tués, sans vous exposer quelques conclusions générales et théoriques auxquelles nous sommes arrivés par suite d'expériences rigoureuses. Mais je veux vous avertir tout d'abord que, par conclusions générales et théoriques sur ce sujet, je n'entends pas ces hypothèses sur la forme polaire ou dépolaire des molécules des muscles et des nerfs, sur les mouvements supposés de ces molécules, sur le mécanisme intérieur des nerfs, et d'autres idées imaginaires de ce genre qui se lisent dans quelques ouvrages de physiologie, et qui sont des suppositions entièrement gratuites. En effet, peut-on appeler *autrement* l'idée de comparer les nerfs à une réunion de molécules composées comme des cylindres de cuivre ayant une de leurs moitiés couverte de zinc, ou *vice versâ?* Une explication en physique n'est autre chose qu'un lien découvert entre un fait inconnu et un fait connu; mais ce lien ou cette analogie ne doivent jamais être en opposition avec des faits ou des analogies connues, et doivent toujours avoir quelque fondement dans les faits.

Ces limites, dans lesquelles nous voulons et devons nous enfermer, et cette résolution de ne jamais aller au delà de ce qu'on peut rigoureusement déduire des expériences et des analogies, ne nous permettront de tirer des études faites dans ces leçons qu'une moisson fort peu abondante de théories ou vues générales.

Une de ces vues n'est guère qu'un résultat négatif; mais, quand on a persisté longtemps à avoir foi dans certaines erreurs, quand un physiologiste qui a étudié l'électricité autant que du Bois-Reymond a soutenu pendant de longues années que l'électricité et l'agent nerveux n'étaient qu'une même chose, c'est un grand progrès que d'être arrivé à dissiper pour toujours cette hypothèse.

Dès les premiers temps du galvanisme, quand on vit non-seulement les grenouilles, mais aussi les cadavres des grands animaux et des décapités, donner de très-fortes convulsions sous l'action du courant électrique, l'imagination attribua à l'électricité une grande influence sur les animaux, et l'on crut aisément que l'électricité et l'agent nerveux étaient une seule et même chose. De cette hypothèse naquirent toutes ces expériences qu'on voit enregistrées dans les livres de physique et de physiologie depuis trente ou quarante ans. Certains auteurs dirent que des aiguilles de fer doux ou d'acier enfoncées à travers un filament nerveux devenaient magnétiques lorsque dans ces mêmes nerfs se transmettait cet état d'excitation qui produit les sensations et les contractions musculaires. Dans les premiers temps de l'invention faite par Nobili du système astatique du galvanomètre, invention qui augmenta d'une façon si remarquable la sensibilité de cet instrument, beaucoup d'expérimentateurs crurent obtenir la preuve de l'électricité animale en introduisant les extrémités du galvanomètre, tantôt dans le cerveau, tantôt dans la moelle épi-

(1) Voyez ci-dessus, pages 377, 457, 505, 564 et 573, numéros des 16 mai, 20 juin, 11 juillet, 1er et 8 août 1868.

nière ou dans les filaments nerveux, et en attribuant à cette électricité les signes de déviation obtenus. On alla même jusqu'à imaginer qu'un amalgame de zinc versé dans le crâne d'un chat auquel on avait enlevé la matière cérébrale rendait au chat la faculté de se contracter et de sentir. Quand plus tard toutes ces expériences, que vous devez supposer variées à l'infini, furent répétées avec de meilleurs instruments et par des observateurs plus attentifs, on reconnut qu'elles étaient, ou mal faites et entachées d'erreur, ou insuffisantes pour prouver ce qu'on voulait prouver, c'est-à-dire l'identité du courant électrique et de l'agent nerveux, ou l'existence de l'électricité dans les animaux, théorie qu'on essaya plus tard d'établir.

Je puis sans peine vous montrer une expérience qui ne aisse pas la moindre apparence de probabilité à cette prétendue identité. Je prends une grenouille préparée comme d'ordinaire, c'est-à-dire coupée par le milieu du bassin et réduite à deux nerfs cruraux réunis aux deux membres. Je fixe ces deux membres sur une tablette de bois avec de grosses épingles de laiton, puis je fais passer d'une jambe à l'autre le courant électrique d'une petite pile en introduisant dans le circuit un galvanomètre. Aussitôt que le courant passe, les deux membres de la grenouille se contractent, l'aiguille dévie et reste fixée dans sa déviation.

Prenons maintenant un fil fin de lin ou de coton, et enroulons-le autour de l'un des nerfs vers les points les plus voisins du muscle et qui y sont presque cachés; puis faisons un nœud. Tant que le nœud n'est pas serré, les contractions se produisent quand on fait passer le courant. Serrons maintenant le nœud, et nous verrons alors cesser tout à fait la contraction de la jambe dont le nœud a été serré; mais pourtant le courant continuera à passer comme auparavant, et l'aiguille se fixera à peu près à la même déviation. On sait que, si le nœud n'a pas été trop serré, il peut se relâcher, et alors on obtient de nouveau les contractions et les déviations du galvanomètre comme auparavant.

Je puis vous montrer avec autant de facilité que si l'on coupe un nerf, et que l'on mette bien en contact les deux surfaces produites par la section, le courant électrique continue à passer, tandis qu'il serait impossible d'obtenir la propagation de l'excitation dans un nerf une fois qu'il a été coupé. Il n'y a donc aucun doute : le courant électrique est transmis par un nerf même coupé ou comprimé, c'est-à-dire quand il n'est plus possible d'obtenir la moindre transmission de l'excitation nerveuse.

Pour vous prouver mieux encore que l'électricité et l'agent nerveux sont choses très-différentes, je veux vous rappeler les expériences de Helmholtz décrites dans la première leçon, sur la rapidité de propagation de cet agent. Nous avons dit alors que Helmholtz, par une expérience très-ingénieuse, avait reconnu que l'excitation nerveuse se propage avec une vitesse de 32 mètres par seconde, c'est-à-dire avec une vitesse extrêmement inférieure à celle de la propagation de l'électricité dans les fils métalliques. Cette grande différence ne peut pas non plus se concilier avec la supposition de l'identité de l'électricité et du fluide ou agent nerveux. Je vous dirai enfin que j'ai fait des expériences avec Longet, il y a nombre d'années, pour voir si l'on obtiendrait des courants dérivés en appliquant les deux extrémités de platine d'un galvanomètre fort délicat sur deux points assez éloignés entre eux du nerf sciatique découvert dans un cheval vivant. Quand l'expérience était bien faite, on n'obtenait jamais aucun signe de courant lorsque le nerf était fortement excité au-dessus du galvanomètre, quoique les muscles se contractassent alors violemment, et l'on ne voyait aucune différence ni aucun signe de courant dérivé en éloignant les électrodes l'un de l'autre rapidement, sans cesser de les tenir en contact avec le nerf.

Après avoir ainsi prouvé que l'électricité et l'agent nerveux sont deux choses différentes, nous allons maintenant voir au contraire quelles sont les relations intimes qui les rapprochent. Nous avons employé deux ou trois leçons à vous montrer, par des expériences, quels étaient les phénomènes physiologiques produits par le courant électrique dans son action sur les nerfs et les lois de ces phénomènes; nous connaissons la relation intime et déterminée qu'il y a entre la direction du courant électrique dans les nerfs et les variations d'excitabilité que produit l'action continue de ce courant, suivant le sens dans lequel elle se propage dans les nerfs relativement à la ramification de ces mêmes nerfs.

D'autre part, nous verrons, quand nous traiterons de la production de l'électricité dans les animaux, qu'il y a dans la nature certains poissons pourvus d'un organe spécial, qui, sous l'action de l'agent nerveux, se charge d'une électricité qui peut produire ensuite les effets ordinaires d'une forte décharge électrique. Nous verrons aussi un cas plus général que celui-là, et qui prouve que le muscle d'un animal vivant ou récemment tué, quand il entre en contraction sous l'action d'un excitant quelconque, produit un phénomène électrique qui se manifeste par la contraction d'une grenouille galvanoscopique, lorsque le nerf de cette grenouille est étendu convenablement sur le muscle qui se contracte.

Ce phénomène, que j'ai découvert dès 1840, et qui fut alors appelé *contraction induite*, n'est aujourd'hui, on le sait, qu'un cas général du développement de l'électricité dans les muscles vivants.

Il y a donc entre l'agent nerveux et le courant électrique cette relation ou plutôt cette corrélation, comme disent les Anglais, qui existe entre toutes les grandes forces de la nature; une de ces forces, dans certaines conditions déterminées, peut produire l'autre et se transformer en cette autre; ou c'est, *vice versâ*, cette seconde qui, dans d'autres conditions, se transforme et reproduit la première.

Une autre conséquence générale de ces études d'électrophysiologie est la connaissance que nous avons acquise aujourd'hui de la manière dont l'électricité agit sur les nerfs pour produire la contraction musculaire. Nous avons démontré dans les premières leçons que la quantité d'électricité ou de chaleur équivalente à l'action chimique consommée dans la pile dans l'instant où le courant de cette pile produisait l'excitation du nerf, et par suite la contraction musculaire, était énormément plus petite que le travail mécanique effectif produit par cette contraction. De là cette conclusion rigoureuse, que l'excitation du nerf servait à éveiller dans les muscles ces actions chimiques de la respiration musculaire, qui, suivant la théorie dynamique de la chaleur, suffisent à engendrer le travail mécanique de la contraction musculaire. En un mot, nous savons aujourd'hui avec exactitude ce fait important, que l'excitation d'un nerf, pour produire la contraction musculaire, opère comme une étincelle très-faible qui enflamme une grande masse de poudre fulminante, et devient ainsi capable de produire une très-grande quantité de travail. Les affinités chimiques, dans ce cas comme dans

celui de la contraction musculaire, sont mises en action, et produisent ainsi des effets mécaniques correspondant à ces affinités. Vous vous rappelez l'expérience par laquelle on prouve qu'un muscle qui se contracte brûle beaucoup plus et dégage aussi beaucoup plus d'acide carbonique qu'un muscle semblable qui reste en repos, et qu'il produit plus de chaleur que ce dernier.

Il reste maintenant un grand mystère à dévoiler : Comment les actions chimiques de la respiration musculaire peuvent-elles produire un rapprochement entre les particules du muscle, et par suite le faire contracter? Il y a encore des physiologistes qui pensent que, dans l'état de relâchement d'un muscle, les actes chimiques de la nutrition développent constamment entre les parties du muscle une force répulsive, et que par suite la contraction ne serait que l'effet naturel de l'élasticité qui rapproche les parties du muscle lorsque cette force répulsive est supprimée. Ainsi la contraction, au lieu d'être l'effet d'une force développée dans l'acte de la contraction, serait due aux attractions moléculaires propres aux parties du muscle, actions qui seraient mises en état d'agir par suite de la disparition de la force répulsive qui tenait ces parties éloignées les unes des autres.

Mais nous devons éviter d'entrer dans ces discussions, parce qu'elles n'ont pas encore de fondement expérimental. Exprimons seulement la pensée que très-probablement, entre les actions chimiques qui se produisent dans le muscle dans l'instant qui précède la contraction et la contraction même, il se produit un état électrique intermédiaire, une espèce de polarisation analogue à celle des boussoles, qui donne naissance au rapprochement des parties des muscles. Je veux vous faire voir une expérience qui n'a d'autre avantage que de vous montrer qu'une action électro-magnétique peut produire des effets analogues à ceux de la contraction musculaire. L'expérience se fait en suspendant à l'intérieur et dans l'axe d'un fort électro-aimant une spirale d'acier dont l'extrémité inférieure s'attache, par le moyen d'un crochet, au petit bras du levier d'un de ces dynamomètres que nous avons déjà décrits dans ces leçons. Chaque fois que je ferme le circuit de la spirale dans lequel entre une pile de 8 ou 10 éléments Bunsen, la spirale d'acier ou de fer suspendue à l'intérieur de la spirale électro-magnétique fait comme le muscle de la grenouille, c'est-à-dire se raccourcit par suite de l'attraction réciproque des spires magnétisées temporairement et de l'attraction qu'exercent sur elles les pôles de l'électro-aimant. Cet état cesse dès que le circuit s'ouvre, et alors la spirale, par son électricité et par le poids qui la tire, reprend sa première longueur. Je ne prétends pas montrer par cette expérience que la contraction se produise par un mécanisme semblable à celui qui opère sur la spirale de fer, j'ai voulu seulement vous faire voir un effet mécanique assez heureusement analogue; et dans l'ignorance où nous sommes sur la manière dont les actions chimiques de la respiration musculaire se transforment en chaleur et en travail mécanique, il n'est pas sans quelque avantage de vous faire voir par une expérience d'électro-magnétisme des effets semblables, au moins en apparence.

Enfin un des progrès les plus importants faits dans ces généralisations dont nous nous occupons consiste à avoir trouvé dans la polarité électrique des nerfs et dans les courants secondaires produits par ces polarités une explication, qu'il est impossible de rejeter, des phénomènes qui se manifestent dans les nerfs et dans les muscles lorsque le courant électrique cesse de les parcourir dans une direction déterminée, et de cet autre phénomène important qu'on a appelé l'*électrotone*.

Assurément, ces généralisations et ces analogies sont encore bien loin d'avoir égalé les progrès faits par les théories des autres parties de la physique ; mais, quand on pense que l'électro-physiologie est fondée depuis si peu de temps et qu'elle est déjà riche d'une foule de faits fondamentaux bien établis, il y a tout lieu d'espérer que l'impulsion donnée à cette science dans une route si sûre et si unie ne cessera pas de nous conduire à de nouvelles découvertes et à des conquêtes toujours plus importantes.

Je termine en disant deux mots sur l'emploi de l'électricité en médecine.

L'usage de l'électricité comme moyen thérapeutique est fort ancien, et l'on pourrait même dire qu'il existait avant que l'on connût l'électricité. En effet, on trouve dans quelques vieux livres d'histoire naturelle que la commotion donnée par la torpille, et répétée plusieurs fois, guérit certaines maladies.

Quand on eut découvert la machine électrique, et éprouvé les effets des étincelles sur le corps humain, on imagina de placer les malades sur le tabouret isolant, et de les tenir longtemps en communication avec le conducteur électrisé, ou de tirer un grand nombre d'étincelles des différentes parties de leur corps. On cite aussi des tentatives faites en tenant les malades dans un bain d'eau électrisée ; mais c'est surtout depuis l'invention de la bouteille de Leyde, que l'usage de la secousse électrique, dans le traitement des maladies, s'étendit à un grand nombre de cas. D'abord les effets produits par la décharge de la bouteille parurent si forts et si persistants, qu'on en craignit les conséquences, et Musschenbroeck, qui découvrit la bouteille de Leyde et essaya sur lui-même les effets de la décharge, écrivait à l'un de ses amis qu'il ne recommencerait pas l'épreuve, même au prix de la France entière. Puis, quand on connut mieux l'usage de la bouteille, et que l'on fut habitué aux effets de la décharge, on crut y trouver un remède universel. En réalité pourtant, ce n'est que depuis l'invention de la pile et les études plus complètes sur les effets physiologiques du courant électrique qu'on a pu entreprendre l'application de l'électricité au traitement de certaines maladies avec quelque fondement scientifique. Malheureusement les difficultés inhérentes à ces recherches, l'imperfection de la science électro-physiologique, qui pourtant doit être la base de cette application, et, s'il faut l'avouer, la préparation insuffisante de la plupart des médecins à ces recherches, qui ne se peuvent faire avec succès sans une connaissance suffisante de l'électro-physiologie, ont été cause que les nombreuses études que nous possédons sur la thérapeutique électrique n'ont pas fait faire à la médecine de progrès stables et véritables, ni de conquêtes assurées.

L'Académie des sciences de Paris avait proposé, comme sujet de concours pour un des prix de médecine et de chirurgie, en 1866, l'application de l'électricité à la thérapeutique. Becquerel, chargé de faire le rapport sur les mémoires présentés à ce concours, conclut que les médecins sont si peu d'accord sur la manière d'appliquer l'électricité et sur les résultats obtenus, qu'il est impossible de se prononcer définitivement sur les véritables propriétés thérapeutiques de l'électricité.

Toutefois on irait au delà de la vérité si l'on affirmait qu'il

cette application. Je me bornerai à rappeler les seuls points d'électro-physiologie et d'électro-thérapeutique que je considère comme bien établis et qui s'éclairent réciproquement.

Le passage continu du courant électrique produit, suivant la direction du courant dans les nerfs, tantôt un affaiblissement considérable de la puissance nerveuse, tantôt un véritable accroissement de cette puissance. Cet affaiblissement et cet accroissement doivent, selon toute probabilité, dépendre des phénomènes électrolytiques qui accompagnent le passage du courant dans les nerfs et qui doivent spécialement se manifester, non-seulement aux points de contact des électrodes de la pile avec la surface du corps, mais aussi sur les points plus internes de l'organisme, et là où se terminent les ramifications nerveuses, et partout où se rencontrent des couches de nature et de conductibilité diverses en contact. Il est très-probable que dans quelques cas, les extrémités des nerfs se couvrent d'une couche d'alcalis ou d'hydrogène, et dans d'autres cas, d'oxygène et d'acide. Certainement ces différences devraient influer d'une façon marquée sur les actes de la nutrition et sur les phénomènes chimiques de la respiration musculaire. N'oublions pas non plus que nous avons vu les courants intermittents produire d'abord des contractions plus fortes que les contractions ordinaires, puis un état tétanique qui finissait promptement par amener la mort de l'animal, causée probablement par une dépense excessive de puissance nerveuse dans un temps trop court et sans réparation possible. Rappelons-nous encore que lorsque cet état tétanique est produit par les secousses successives que donnent les courants intermittents, ou bien par l'ouverture du circuit dans le membre inverse, comme nous l'avons vu dans l'expérience de Ritter, on peut le faire cesser immédiatement en refermant le circuit, c'est-à-dire par le passage continu de l'électricité. En partant de ces principes, Nobili, le premier, a conseillé, s'appuyant sur une base vraiment scientifique, d'appliquer le courant interrompu au traitement des paralysies, et le courant continu au traitement du tétanos; il a pensé qu'un membre paralysé doit être dans un état analogue à celui d'un membre qui a été longtemps traversé par le courant continu, ›t qu'on pourrait le ramener à son état naturel en le rappro-:hant de l'état tétanique, tandis qu'un muscle tétanisé peut ›tre considéré comme un muscle qui a été longtemps soumis ›ux courants interrompus, et qui perd cet état sous l'action ›ontinue du courant.

Il y a enfin une autre observation qu'il n'est pas inutile de ›ire sur l'application thérapeutique de l'électricité, et dont on ›it tenir compte: c'est que les secousses électriques doivent ›citer, dans certaines limites, la puissance des nerfs, la calo-›ication, la circulation du sang, et que, par conséquent, les ›tes chimiques de la nutrition dans un membre que l'on a ›t contracter plusieurs fois de suite par l'action intermit-›nte du courant électrique doivent être plus énergiques. Il › certain que, si l'on admet qu'il doit y avoir avantage à ex-›er dans certaines limites les actes vitaux des nerfs et des ›scles, déjà affaiblis d'une manière quelconque, il n'y a ›int de stimulant meilleur, plus commode, plus facile à ob-›ir et à appliquer que le courant électrique intermittent. ›i insisté sur la nécessité des limites dans lesquelles on doit ›renfermer en faisant cette application, parce que j'ai connu ›s individus qui avaient le système nerveux dans de telles faibles.

Pour conclure, l'application de l'électricité à la thérapeutique ne peut être tentée avec quelque succès, et ne peut être exempte de périls, que si elle est faite par un médecin qui ait une vraie connaissance de l'électro-physiologie, qui ait vu par lui-même et répété les expériences fondamentales de cette science, qui soit habitué à manier les appareils d'électricité et qui en possède la théorie, et qui tente toujours cette application avec prudence, avec persévérance, en suivant avec la plus grande attention les phénomènes qu'elle peut produire.

Les médecins spécialistes qui s'occupent exclusivement de traitements électriques ont imaginé des méthodes diverses, disent-ils, de traitement par l'électricité. Les uns emploient les étincelles de la machine électrique ou de petites bouteilles de Leyde; d'autres emploient la pile de Volta à colonne ou à couronne, et en introduisant dans le circuit une des roues ordinaires d'interruption, ils obtiennent facilement des courants intermittents, quoique le traitement fût plus sûr si l'on produisait à la main les interruptions et les fermetures du courant. Il y a eu des médecins qui n'ont eu foi que dans le courant continu, et qui ont proscrit l'usage des courants intermittents. D'autres ont imaginé que les courants d'induction électro-dynamique et électro-magnétique étaient seuls propres à guérir certaines maladies, ce qui est bien difficile à admettre, vu qu'il n'y a pas de différence essentielle entre la nature de ces courants et celle des courants développés par d'autres moyens. Il est aussi à remarquer que les courants induits donnés par les appareils ordinaires sont alternativement de sens contraire, ce qui peut modifier leurs effets électro-physiologiques. Si nous en venons maintenant à une conclusion, c'est-à-dire, si nous cherchons à résumer ce qu'il y a de plus certain dans tous ces récits de cures obtenues par l'électricité, nous pourrons dire : 1° Que dans les cas de paralysie qui ne résultent pas de lésions organiques ou d'une inflammation permanente des centres nerveux, l'application modérée et prolongée de secousses ou de courants électriques intermittents a été, dans un grand nombre de cas, suivie de guérison. 2° Dans certaines névralgies accompagnées surtout de désordres dans la sensibilité cutanée, d'une production ou d'une distribution inégales de chaleur, l'usage de l'électricité tantôt intermittente, tantôt continue, mais employée avec beaucoup de précautions, et en commençant par des courants très-faibles, a eu le plus souvent pour conséquence la disparition de ces incommodités. 3° Il y a des histoires de maladies vasculaires et lymphatiques, et des organes de la nutrition, qui, sous l'action d'un courant électrique continu, ont été adoucies et même domptées. Je ne puis entrer ici dans de plus grands détails, ni décrire plus minutieusement les instruments employés dans ces cures, et les méthodes dont on s'est servi pour les appliquer au corps humain. Je crois qu'avec une pile à colonne ou à couronne de 50 à 100 petits éléments, en humectant convenablement d'eau salée la peau sur laquelle on veut appliquer les électrodes de la pile, en donnant à ces électrodes une surface assez considérable et en les faisant d'un métal qui s'altère difficilement, ou bien encore avec une petite bouteille de Leyde et la machine nécessaire pour la charger, il est possible d'entreprendre une cure électrique quelconque; peut-être même épargne-t-on ainsi aux malades les dangers qu'ils courent lorsqu'on emploie les appareils d'in-

duction électro-magnétique, et qu'on fait agir, par conséquent, des courants intenses dont les passages sont très-fréquents dans un temps très-court.

Je pense que les récits de cures électriques faits avec tant de précision et de probité scientifique par notre compatriote Marianini, dans les *Mémoires de la Société italienne des sciences*, sont toujours dans ce genre ce qu'il y a de plus instructif.

Le docteur Namias a établi dans le grand hôpital de Venise, depuis plusieurs années, une salle pour l'électro-thérapie, et les résultats qu'il a obtenus et qu'il a décrits comme le doit faire un homme de science, lui ont mérité la seule distinction que l'Académie de Paris ait accordée dans le concours que j'ai déjà cité.

Il serait important que dans de pareilles publications on eût soin de compter non-seulement les cas où le traitement électrique a produit quelque résultat utile, mais aussi ceux où il est resté sans effet ou a même aggravé la maladie. Il faudrait aussi avoir soin de ne pas employer le traitement électrique concurremment avec d'autres remèdes, afin qu'il n'y eût pas de causes étrangères qui pussent agir en dehors de l'électricité. Il faudrait ensuite observer avec soin et décrire avec une grande exactitude tous les phénomènes produits sous l'influence de la cure électrique, et qui peuvent être attribués à l'électricité.

Dans des faits aussi complexes et encore aussi obscurs que le sont ceux de l'électro-physiologie et de l'électro-thérapie, il n'est pas possible de faire des progrès sûrs (et ne nous impatientons pas s'ils sont lents), sans un grand nombre d'observations bien conduites et minutieusement observées et décrites.

Je ne quitterai pas ce sujet sans vous dire que le traitement même du tétanos par le courant électrique continu a été tenté plusieurs fois. Malheureusement, dans les cas où on l'a employé, la maladie provenait d'inflammations et d'altérations profondes qu'il était impossible de supprimer. Il est pourtant certain que l'application du courant continu aux tétaniques produit d'abord un soulagement chez les malades et adoucit leurs tortures; mais ces effets ne sont que provisoires. Toutefois, quand ce ne serait que pour donner quelque soulagement, on devrait toujours tenter cette cure dans une maladie si douloureuse. Pour terminer ce sujet, je vous dirai encore qu'une autre application thérapeutique de l'électricité désormais entrée dans la pratique médicale, est celle qui est fondée sur l'action calorifique développée par le passage du courant électrique dans un fil de platine, action qui est ainsi portée, selon les formes diverses des appareils, dans les parties internes du corps. C'est, en un mot, une méthode d'amputation et de cautérisation en même temps, dont on a reconnu l'utilité dans certaines maladies chirurgicales. Il ne faut pas oublier que, lorsqu'on applique sur une partie quelconque du corps humain le fil de platine rendu incandescent par le courant électrique, la température de ce fil s'abaisse immédiatement, parce que les corps touchés sont beaucoup plus froids que le fil, et à cause de l'évaporation et de l'ébullition qui se produisent. C'est pourquoi, si l'on veut que l'effet désiré soit obtenu, il faut employer une pile très-forte, et telle que la température du fil demeure très-élevée même au contact des parties humides. Pour vous montrer les effets de cette application, je n'ai qu'à vous faire voir ce qui arrive dans une cuisse de grenouille ou de poulet tranchée avec les ciseaux : cet effet, que tous vous connaissez déjà, est une hémorrhagie abondante. Quand je fais cette section avec un fil de platine rendu incandescent par le courant électrique, l'hémorrhagie ne se produit plus.

J'ai fini : dans quelques mois j'espère vous revoir de nouveau ici pour achever ce cours d'électro-physiologie; nous en traiterons alors la seconde partie, c'est-à-dire le développement de l'électricité dans les animaux.

CH. MATTEUCCI,
Sénateur et ancien ministre de l'instruction publique du royaume d'Italie.

— Traduit par L. T. —

FIN DU COURS.

CHRONIQUE.

Ont été nommés dans la Légion d'honneur :

Au grade de commandeur :

MM. H. Sainte-Claire Deville, professeur à l'École normale et à la Sorbonne.
Pasteur, professeur à la Sorbonne.

Au grade d'officier :

MM. Du Mesnil, chef de la division de l'enseignement supérieur au ministère de l'instruction publique.
Edmond Becquerel, professeur au Conservatoire des arts et métiers.
Serret, professeur au Collége de France et à la Sorbonne.
Le docteur Depaul, directeur de la vaccine à l'Académie de médecine de Paris.
Nonat, médecin de l'hôpital de la Charité.
E. Gintrac, directeur de l'École de médecine de Bordeaux.
F. Pouchet, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Rouen.
Amédée Latour, rédacteur en chef de l'*Union médicale*, secrétaire général de l'Association des médecins de France.
Roux, directeur de l'École normale de Cluny.

Au grade de chevalier :

MM. Broca, professeur à la Faculté de médecine de Paris.
Vulpian, professeur à la Faculté de médecine de Paris.
Marey, professeur suppléant au Collége de France.
Alphonse Milne-Edwards, professeur à l'École de pharmacie de Paris.
Philipon, secrétaire de la Faculté des sciences de Paris.
Menu de Saint-Mesmin, secrétaire général de l'Association polytechnique.
Guyon, chirurgien des hôpitaux de Paris.
Labbé, chirurgien des hôpitaux de Paris.
Le docteur Dumontpallier, vice-président de la Société de biologie.
Le docteur Joulin, auteur de publications scientifiques.
Danet, médecin du ministère de l'intérieur.
Billod, directeur médecin de l'asile public d'aliénés de Saint-Gemmes-sur-Loire (Maine-et-Loire).
Giraud, directeur de l'asile public d'aliénés de Maréville (Meurthe).
Josat, médecin inspecteur du service de la vérification des décès à Paris.
Mesnet, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.
Deschamps, ancien médecin du bureau de bienfaisance du 2[e] arrondissement de Paris.
Caron, médecin du dépôt à la préfecture de police.
Rouget, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier.
Courty, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier.
Michel, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg.
Daviers, directeur de l'École de médecine d'Angers.
Bourgade, professeur à l'École de médecine de Clermont.
Desgranges, professeur à l'École de médecine de Lyon.
Forthomme, professeur au lycée de Nancy.
Chauveau, professeur de l'École vétérinaire de Lyon.
Gintrac (Henri), médecin des épidémies, secrétaire du conseil d'hygiène de la Gironde.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 39 29 AOUT 1868

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

PATHOLOGIE MÉDICALE.

COURS DE M. AXENFELD.

Leçon d'ouverture.

Après avoir remercié ses auditeurs de l'accueil sympathique qu'ils lui font, le professeur exprime sa reconnaissance envers les maîtres illustres qui lui ont fait l'honneur de le nommer leur collègue, et rend hommage aux institutions libérales de la France, sa patrie d'adoption, où il a trouvé en tout temps l'hospitalité la plus généreuse. Puis il continue en ces termes :

I

Messieurs,

Il est passé en habitude de commencer un cours de pathologie par une profession de foi médicale. Cet usage, voulez-vous me permettre de ne pas m'y conformer aujourd'hui ? J'ai pour cela plus d'une raison valable. D'abord, dans une occasion encore assez récente, quand je fus appelé à l'honneur de suppléer M. Andral, en qualité d'agrégé, j'ai eu à exposer les principes et les tendances de l'école de Paris, dont je suis l'élève. Cette année même, mon savant collègue, M. le professeur Hardy, vous a donné de ces tendances et de ces principes une formule excellente que je ne puis qu'adopter pleinement : « L'école de Paris », vous a dit M. Hardy, » a pour dogme le fait et repousse toute vaine conjecture.... »

Et puis, faut-il l'avouer, à mesure que les années marchent, je trouve de moins en moins d'intérêt à ces grandes expositions doctrinales, à ces programmes solennels qui, à bien peu de chose près, se ressemblent tous, et qui n'engagent pas autant qu'on pourrait le supposer les professeurs ou les écrivains. Les programmes, messieurs, ne valent guère que par la manière dont on les exécute. Il n'est pas d'école qui de très-bonne foi ne se propose de recueillir les faits patiemment, de les analyser avec sévérité, d'être sobre de rapprochements, réservée dans l'application. A les juger sur leurs bonnes intentions, toutes les écoles du monde n'en forment qu'une. Et qui donc, de parti pris, voudrait se placer sur un terrain autre que celui de l'observation et de l'expérience ? ou, agissant de la sorte, qui donc aurait l'imprudence énorme d'en convenir ?

II

Tenez, messieurs, laissez-moi vous lire ce passage remarquable et qu'on ne saurait trop méditer :

« La médecine possède depuis longtemps un principe et une méthode à l'aide desquels elle a fait de nombreuses et belles découvertes, à l'aide desquels aussi le reste se découvrira... Le médecin qui... poursuit ses investigations par une méthode différente... se trompe ou trompe les autres. *La médecine n'a pas besoin d'hypothèses.* Quelques-uns disent qu'il n'est possible à qui que ce soit de savoir la médecine s'il ne sait ce qu'est l'homme ; *mais leurs discours tendent à la philosophie*, comme font les livres de ceux qui ont écrit sur la nature et exposé ce qu'est l'homme dès le principe... et d'*où provient sa force plastique*. Quant à moi, je pense que tout ce qui a été écrit par les sophistes et les médecins sur la nature, appartient *moins à la médecine qu'à la littérature.* »

Ceci pourrait être extrait du journal d'hier, faire partie de la polémique du jour. Dans cette sortie railleuse contre les philosophes curieux de connaître « l'origine de la force plastique », contre ces livres « qui appartiennent à la littérature plutôt qu'à la science », vous avez peut-être cru découvrir une allusion aux écrits de nos vitalistes contemporains, et notamment de l'un d'entre eux, que vous connaissez tous (et que, pour ma part, j'estime infiniment pour l'énergie de ses convictions et le talent considérable qu'il met à les défendre). Eh bien, détrompez-vous : le passage dont je viens de vous donner lecture est vieux de vingt-deux siècles ! Il est signé Hippocrate ; et savez-vous d'où il est tiré ? Du livre sur l'*Ancienne médecine!* Ce qui prouve bien, n'est-ce pas ? que le culte du fait et le rejet des abstractions ne sont guère chose plus nouvelle que la médecine elle-même.

III

La médecine, selon Hippocrate, *n'a pas besoin d'hypothèses.* Hélas, si ! Le vénérable auteur s'abuse, et pour preuve, vous n'avez qu'à parcourir ce même *Traité de l'ancienne médecine ;* les conjectures condamnées tout à l'heure y sont largement représentées. Chose inévitable, au surplus, quand, avec une chimie aussi naïve que celle des quatre éléments, l'auteur veut expliquer l'action des aliments sur l'organisme ; quand il prétend démontrer comment le froid, le sec, le chaud et l'humide opèrent dans le travail intime de la nutrition ; en un mot, quand, ignorant tout ce qu'il importe de savoir et ce que nous savons à peine aujourd'hui, il essaye de résoudre de prime saut une des questions les plus ardues de la physiologie !

Depuis Hippocrate, à travers tant de siècles, dans tant de pays différents, dans les écoles les plus opposées, — les unes chimiques et physiques, les autres vitalistes ou même mystiques, — sans cesse le même spectacle se renouvelle. Les grands médecins qui surgissent de loin en loin, prétendant réformer la médecine, y inaugurer une ère nouvelle, tiennent

tous un langage identique. Écoutez-les : l'observation est la seule base sur laquelle ils édifient; ils n'admettent d'autre preuve que l'évidence des faits; ne veulent d'autre consécration que le contrôle de la pratique.

Voici, par exemple, Paracelse, — oui, ce même Paracelse qui, avant de traiter un malade, recherche la quadruple correspondance des intelligences célestes, des astres, des organes et des remèdes, — savez-vous ce qu'il prend pour point de départ de ses investigations? Il faut d'abord, dit-il, connaître l'anatomie et la physiologie, de telle façon que le corps de l'homme devienne pour le médecin comme une eau transparente!

Voici le professeur Lordat, de Montpellier, le créateur des âmes de première et de seconde majesté; voulez-vous savoir de lui-même quel est le dernier mot de sa philosophie médicale? Il vous dira : « Des faits tout nus plutôt qu'une hypothèse non démontrée! »

Et Broussais, — que demandait-il? Dans ce style fastueux propre aux écrits de l'époque impériale, mais en somme avec une éloquence véritable, il apostrophait ainsi les médecins de son temps : « Montrez-moi le mobile douloureux de cette scène de désordre (la maladie); faites-moi comprendre le cri confus des organes souffrants, et je vous proclamerai un homme de génie! » Vient Laennec, qui découvre l'auscultation, et, transformant une métaphore en une réalité splendide, nous fait comprendre (et non pas au figuré) «le cri confus des organes souffrants». Broussais va sans doute le proclamer un homme de génie? Que non! Il se demandera au contraire sérieusement par quel vice d'organisation cérébrale, par quelle atrophie de « l'organe des rapprochements » on peut expliquer la production d'un ouvrage aussi étrange que le *Traité de l'auscultation médiate!* Et il retournera à sa théorie de l'irritation.

Combien d'autres je pourrais citer chez qui l'amour platonique de l'observation pure n'exclut pas les écarts de l'imagination la plus aventureuse. Croyez-vous que notre époque elle-même, si fière de sa rigueur scientifique, soit à l'abri de ces entraînements? Jetez les yeux autour de vous, et comptez les hypothèses qui ont cours. Dans le nombre vous en trouverez, je vous en avertis, que ne désavoueraient pas les temps les moins favorisés de notre histoire.

IV

Cette histoire de la médecine, cette exposition tant de fois faite et refaite des systèmes, je n'essayerai pas de vous en présenter de nouveau le résumé. Vous les connaissez toutes, les théories pneumatiques et atomistes, humoristes et solidistes, et l'iatrochimie, et l'iatromécanique, etc..., sans compter les retours intermittents de l'empirisme qui revient mettre la médecine au pain et à l'eau, et que vous êtes sûrs de rencontrer au lendemain de toutes les débauches des doctrinaires! Quand les successeurs d'Hippocrate ont bien usé et abusé des quatre éléments, Philinus paraît, qui prêche l'abstinence en fondant l'*empirisme*. Quand finit le règne de la doctrine broussaisienne, voici la *méthode numérique* de M. Louis qui s'élève, comme une nouvelle protestation contre toute idée préconçue et comme un appel plus pressant que jamais à l'observation. Et toujours après une contrainte plus ou moins prolongée, une réaction s'opère, et vous voyez les esprits refaire aux mêmes principes les mêmes infidélités!

Ne vaudrait-il pas mieux à la fin se résigner à l'hypothèse, l'admettre, la subir, comme à une nécessité de notre intelligence? N'est-il pas temps de renoncer à son égard à une proscription illusoire, de lui reconnaître des droits et de la contenir seulement dans de certaines limites? D'obstacle, elle deviendrait instrument de progrès. Supposer, deviner, généraliser, c'est, — il faut en prendre son parti, — un besoin, une passion impérieuse de l'entendement. Les physiciens enseignent qu'une seule molécule peut bien se concevoir comme inerte, mais que si deux molécules sont mises en présence, aussitôt elles agissent l'une sur l'autre; de même, dans l'ordre intellectuel, deux notions ne coexistent jamais sans qu'une idée, vraie ou fausse, jaillisse de leur rapprochement. Puisque nul n'échappe aux hypothèses, l'essentiel est donc d'en former de bonnes. Or elles sont bonnes, elles sont excellentes même, quand elles remplissent cette double condition : de partir de l'observation et d'y ramener; il n'est pas alors de plus puissant levier pour soulever la masse pesante des inconnues. Il faut qu'elles partent de l'observation, c'est-à-dire qu'on y doit recourir seulement quand toutes les constatations que permet un état donné de la science se trouvent épuisées; il faut de plus qu'*elles* conduisent à la recherche de nouveaux faits et en provoquent le contrôle. C'est la seule manière de les rendre d'abord inoffensives, de les dépouiller de cette existence substantielle mensongère qui fait le danger des *idoles* baconiennes; c'est aussi le moyen de les rendre utiles : prolongement idéal des faits, elles ne sont jamais là qu'à titre provisoire, attendant que l'expérience ait prononcé sur leur validité. Quelquefois il arrive — et les annales de la médecine sont là pour le démontrer — qu'une découverte importante se *trouve au bout* d'une supposition mal fondée; qu'importe? Cela vaut mieux, mille fois mieux qu'un beau système, en apparence parfaitement coordonné, qui plane au-dessus de toute vérification possible. Acceptons plutôt la fiction, acceptons les erreurs, s'il le faut, pourvu qu'elles nous conduisent aux vérités.

V

Ne cherchons pas ailleurs que dans cet invincible besoin l'origine des *systèmes*, vastes synthèses dans lesquels des esprits puissants ont essayé de faire tenir les faits de la science médicale entière. Une chose a dû vous frapper en parcourant l'histoire de ces tentatives : c'est que d'époque en époque, sous des formes variées à l'infini, vous y retrouvez les mêmes analogies et les mêmes oppositions; on dirait qu'une *sorte* d'alternance régulière préside à leurs réapparitions successives. Le langage a changé, la forme est rajeunie, le fond subsiste, et l'on est tout surpris de revoir à la dernière page du livre ce qu'on a pu lire à la première! De sorte *que* les opinions les plus avancées, comme on les appelle, se trouvent être justement les plus anciennes.

Ainsi, vous êtes confondus de l'audace des Lehmann qui nient l'influence de la vitalité, et prétendent réduire tous les actes organiques sous les seules lois de la chimie, prédisant le jour, proche selon eux, où les phénomènes eux-mêmes de l'ordre moral et intellectuel rentreront sous l'empire de ces lois... Mais ces Lehmann, l'antiquité vous les offre en grand nombre; ce sont ces mêmes philosophes pour qui rien n'existait en dehors des quatre éléments et des quatre qualités, et qui, voyant l'homme tout emprunter et tout restituer au

monde ambiant, effaçaient hardiment la limite entre les organismes et les milieux !

Le vitalisme serait-il plus neuf que l'iatrochimie? Erreur. Les vitalistes d'autrefois s'appelaient Pneumatiques, mais ils raisonnaient comme de purs Stahliens. Il n'est pas jusqu'à l'espèce de schisme introduit par Barthez dans la doctrine de Stahl, je veux parler de la distinction entre l'*âme pensante* et le *principe vital*, qui ne se retrouve aux époques primitives de la science : Erasistrate, lui aussi, séparait le *pneuma psychikon* du *pneuma zotikon*; l'école d'Alexandrie copiait ainsi textuellement, vous le voyez, et cela plus de mille ans d'avance, l'école de Montpellier.

Vous faut-il des Dichotomistes, c'est-à-dire des simplificateurs qui classent toutes les maladies en deux séries auxquelles correspondront deux séries parallèles de médications ; — ou plutôt qui reconnaissent d'abord deux états morbides opposés et deux indications fondamentales (sauf plus tard à négliger presque complétement l'une aux dépens de l'autre, et à n'admettre plus, en dernière analyse, qu'un seul mode d'affection et une indication unique de traitement) ? Cherchez plus loin que Rasori, plus loin que Broussais et que Brown ; remontez à Asclépiade : le *strictum* et le *laxum* vous offriront l'équivalent de l'hypersthénie et de l'asthénie, de l'excès et du défaut d'incitation, de l'irritation et de l'abirritation, etc.

Si même il vous plaisait d'entendre rejeter l'existence des maladies, sous prétexte qu'elles résultent de l'assemblage fortuit, et conséquemment toujours variable, de faits morbides particuliers, et que chacun de ces faits demande à être étudié isolément ; si, vous refusant à lire la phrase pathologique, vous voulez vous contenter de l'épeler lettre à lettre, — *eh bien, il* vous faudra reconnaître que, dans cette direction encore, le plus révolutionnaire de nos réformateurs a eu, lui aussi, son représentant dans les temps anciens : Euryphon de Cnide a préludé à M. Piorry de Paris.

VI

Ces exemples, et tant d'autres que j'omets, prouvent suffisamment ce que je disais tout à l'heure de l'uniformité des systèmes médicaux, de la constance avec laquelle on les voit osciller toujours entre les mêmes aspirations et les mêmes formules opposées. Pour trouver la raison de ces répétitions continuelles, il faut se reporter à la vieille légende prométhéenne qui, pendant des siècles et des siècles, a fait le fond de la physiologie et de la pathologie. On n'a pas cessé d'imaginer l'être vivant, et l'homme en particulier, comme une poupée d'argile qu'une flamme apportée du ciel vient subitement animer. De là les écoles de l'argile et les écoles du feu céleste. Elles forment, depuis l'origine de la science, deux courants marchant en sens inverse sans jamais se mêler (sauf quelquefois sur leurs bords, pour constituer les systèmes éclectiques). D'un côté, on s'efforce de tout expliquer par les seules propriétés de ce qu'on appelle à Montpellier « l'agrégat matériel » : mécanicisme, iatrochimie, et organicisme, suivant quelques-uns ; — de l'autre côté, on rapporte toute la vie normale ou morbide aux déterminations spontanées et plus ou moins conscientes du principe animateur lui-même : pneumatiques, animistes, vitalistes.

C'est seulement à une époque voisine de la nôtre que cette fable s'est évanouie devant une conception plus scientifique, que l'idée d'*inhérence* s'est substituée à celle de l'*adhérence*, que l'unité profonde de l'être matériel et de la vie dont cet être est doué a pris la place de la distinction, sinon de l'antagonisme qu'on avait arbitrairement créé entre la matière et la force. Ce changement, il date de Cullen, dont le *fluide nerveux* est déjà bien plus profondément incarné que l'*âme* de Stahl ; — il date de Haller, qui, sur la foi d'une expérience en elle-même fort contestable, établit l'existence de l'*irritabilité* immanente à la fibre musculaire ; — de Bichat, avec ses *propriétés vitales* et ses *propriétés de tissu* ; — de Virchow, qui, continuant Bichat et le complétant, essaye de surprendre la vie de la cellule jusque dans ses actes les plus cachés.

Messieurs, je me serais bien mal fait comprendre si, de cette libre appréciation des systèmes médicaux d'autrefois, vous alliez conclure que je manque de respect envers notre passé. Non ; ces systèmes, tout incomplets qu'ils sont, ont eu leur utilité, et quelques-uns leur grandeur ; ils ont laissé sur le sol des alluvions fécondes. Peut-être même était-il nécessaire que le corps humain eût été envisagé tour à tour au point de vue exclusif du physicien, du chimiste ou du vitaliste, pour qu'aujourd'hui la Biologie pût faire avec justesse la part de tous les phénomènes soumis à ses investigations, et contempler l'être vivant, impartialement, dans toute son harmonique complexité. D'ailleurs, à mesure que la physique et la chimie perdaient de leur grossièreté primitive, et que la physiologie pénétrait plus avant dans la connaissance de l'homme, nos théories pathologiques se sont elles-mêmes perfectionnées et compliquées ; elles ont bénéficié largement de tout ce que les matériaux mis à leur disposition gagnaient en solidité et en valeur. Le progrès est sensible. Sans doute, à voir se reproduire toujours les variantes des mêmes doctrines, on se sent pris d'une sorte de lassitude ; mais, comme l'a dit un grand poëte qui était aussi un grand penseur, cette rotation qui nous replace sans cesse en présence des mêmes aspects n'empêche pas que nous ne nous sentions emportés dans un mouvement ascendant : cela semble un cercle, et c'est une spirale.

VII

Sachez donc résister au scepticisme qui, pour un jugement superficiel, ne manquerait pas de naître de cette apparente monotonie, et surtout gardez-vous de suivre le conseil qui vous est trop souvent donné de laisser là l'étude de la pathologie pour vous borner au seul apprentissage de la clinique. On vous dit qu'il est temps de renouveler la grande hérésie de Paracelse, de brûler les vieux livres, de recommencer la médecine sur de nouveaux frais... Il y a là une confusion fâcheuse, une erreur fondamentale contre laquelle j'ai le devoir de vous prémunir. Rien de plus artificiel, rien de plus faux que cette prétendue opposition entre la théorie et la pratique, entre la pathologie et la clinique. Eh ! qu'est-ce donc que la pathologie, sinon l'observation des cliniciens de tous les temps recueillie, enregistrée, codifiée ? Et qu'est-ce que la clinique, sinon la pathologie contrôlée et comme refaite à nouveau chaque jour au lit des malades ?

S'il ne s'agissait que de vous dire : « La vie est courte, l'art est long » ; s'il suffisait de vous prouver que personne ne peut prétendre, sans une intolérable présomption, refaire par son travail personnel le trésor de sagesse que tant d'hommes de génie ont péniblement amassé, — je n'insisterais pas ; mais il n'est peut-être pas superflu de vous montrer combien serait chimérique votre espoir de devenir bons cliniciens, si, au

préalable, vous n'avez acquis de fortes connaissances pathologiques. Savez-vous où conduirait cette séparation si ardemment prêchée entre les deux côtés d'une seule et même étude ? La pathologie non vérifiée par la clinique mène au *système*; c'est vrai; mais la clinique non éclairée par la pathologie, où conduit-elle? A la *routine*.

Les systèmes médicaux ont eu leurs historiens; la routine attend encore le sien, qui aura là une tâche intéressante autant que malaisée à remplir. Bien des éléments hétérogènes composent la routine; mais ce qui y entre pour la plus grande part, ce sont les débris d'une ou plusieurs doctrines médicales périmées depuis longtemps. La routine est informe sous prétexte d'éclectisme; ennemie de toute donnée scientifique, avec la prétention de poursuivre l'utile seulement; elle s'érige en gardienne de la tradition (qu'elle ne connaît guère) pour avoir le droit de se montrer dure aux innovations; au fond, elle est le parti pris de ne rien désapprendre et ne rien apprendre, et sa solennité n'est que de la paresse d'esprit élevée à la hauteur d'un dogme. Elle a sa petite pathologie facile, sa petite thérapeutique courante; que dis-je? elle abonde en petites théories plus téméraires que ses adeptes ne le soupçonnent. Leur attachement hypocrite au passé, leur âpre résistance à toute découverte, ont engendré ce que j'appellerais volontiers le *pharisaïsme* médical, et les pharisiens de la médecine, vous les reconnaîtrez aisément dans tous les pays et à toutes les époques, qu'ils portent le bonnet pointu du médecin grec à Rome, ou la robe traînante immortalisée par Molière, ou l'ample chapeau et la cravate blanche sacerdotale du bon docteur d'aujourd'hui. Ce sont eux qui, en matière d'anatomie humaine, donnent raison aux dissections de singes de Galien contre les dissections d'hommes de Vésale; — ce sont eux qui soutiennent « des thèses contre les circulateurs ». — Quand Rudbeck, l'étudiant d'Upsal, leur fait voir le réservoir commun des lymphatiques et des chylifères, ils se regardent entre eux, consternés, et s'écrient : « Que sera-ce de nous si cet homme dit vrai! » — Ils élèvent contre l'auscultation des objections de la force de celles-ci : Impraticable à cause du bruit des voitures, inconvenante quand on l'applique à la poitrine des femmes. — Naguère, ils combattaient comme immoral l'usage du spéculum, auquel la pathologie utérine doit ses plus précieuses acquisitions. — Ils ont des ironies qu'ils croient écrasantes. Montrez-leur la relation qui existe entre certains accidents convulsifs et la présence de l'albumine dans l'urine, ils riront et s'exclameront : « De l'albumine épileptique (textuel)! » — Qu'on ne leur parle pas de « ces petites machines » qui se nomment laryngoscope, ophthalmoscope, sphygmographe; leur siége est fait. Autrefois ils ont fait campagne contre le quinquina et maintenu la supériorité sur ce merveilleux médicament des saignées, des sangsues, des lavements, de tout cet attirail thérapeutique qui, pendant si longtemps et avec une inefficacité qui ne s'est jamais démentie, a été opposé aux fièvres intermittentes. C'est eux qu'on a vus, mêlant volontiers les gouvernants à leurs doctes querelles, provoquer un décret de Charles-Quint contre quiconque saignerait un pleurétique du côté opposé à la pleurésie, et solliciter du parlement la défense, sous peine d'amende, d'employer l'émétique dans les inflammations du poumon.

Certes, on rencontre des pharisiens dans tous les rangs de la profession médicale, mais ils sont particulièrement nombreux parmi ceux qui s'intitulent modestement « les praticiens par excellence ».

VIII

Praticiens, — quel grand mot! Le véritable praticien n'est rien moins que la personnification la plus complète, la plus élevée de l'art médical; c'est l'homme chez qui se trouvent réunies ces deux choses si rarement égales dans une même intelligence : le savoir et la sagacité; le savoir, qui permet, en face des problèmes complexes de la clinique, de former toutes les conjectures suggérées par la connaissance des faits antérieurs; la sagacité, don personnel, qui rend apte à faire un choix entre tous les possibles, à écarter l'invraisemblable, à aller rapidement au probable, pour arriver à la certitude. Si vous avez vu à l'œuvre quelqu'un de ces maîtres, vous avez dû admirer comme moi cette rectitude de jugement qu'un long exercice finit par transformer en une sorte de tact ou de flair du vrai. Après quelques tâtonnements, qui sont eux-mêmes un spectacle, à l'aide de questions pressées dont chacune porte coup, le diagnostic s'ébauche, puis s'affirme, et le traitement se formule pour ainsi dire de lui-même... *Qu'il* y a loin de ces praticiens aux autres, dont le seul *droit* à porter un pareil nom est d'avoir gravé dans leur mémoire une double liste de symptômes et de formules. Triste pratique que celle-là, triste surtout quand on songe aux *desiderata* de notre science, à tout ce qui demeure réservé pour la pathologie future, aux à peu près dont nous sommes si souvent obligés de nous contenter; car bien des inconnues restent à dégager, même après l'exploration la plus consciencieuse et la plus savante!

Permettez-moi, messieurs, de développer cette pensée. Quand un chimiste, aux prises avec un corps composé que lui fournit la nature, a fini de soumettre ce corps à tous les réactifs, quand il a déterminé les divers éléments qui s'y rencontrent, souvent il note l'existence d'un résidu, matières extractives, *caput mortuum*, dont il lui faut ajourner l'analyse. Il en est de même du médecin : son diagnostic précis, scientifique, ne va pas au delà des faits connus et classés dans la science; mais, à la différence du chimiste, il n'est pas maître d'ajourner; ce *caput mortuum*, il est forcé de le faire intervenir dans ses raisonnements à l'égal des éléments les mieux définis; et c'est justement là, dans cette demi-obscurité, quand il n'a pour s'éclairer que la lumière douteuse des analogies et une sorte de pénétration instinctive, c'est là que se révèle le génie du praticien. Même, au delà de la science faite, il sait encore quand d'autres ignorent, d'un *demi-savoir* qui lui livre de précieuses solutions approximatives.

Et puisque j'ai commencé cette comparaison du médecin avec le chimiste, laissez-m'en profiter pour faire une courte digression. Des deux méthodes qui concourent à la constitution de la médecine, l'*observation* et l'*expérimentation*, on semble aujourd'hui préférer la seconde (comme s'il y avait des préférences à accorder en semblable matière!), et peu s'en faut qu'on ne dédaigne la première comme moins scientifique. Loin de moi la pensée de vouloir déprécier les grands résultats dont nous sommes déjà redevables à l'expérimentation, ou ceux plus importants encore qu'elle nous promet dans l'avenir. Mais il faut s'entendre. L'expérimentation en médecine, comme la méthode de la synthèse en chimie, ne peut opérer que sur des éléments bien déterminés; si le chimiste entreprenait de composer de toutes pièces une substance

dont l'analyse *totale* ne lui serait pas d'abord connue, il échouerait infailliblement dans son œuvre. De même, l'expérimentation médicale, qu'il s'agisse de pathologie ou de thérapeutique, ne peut reproduire artificiellement que des états organiques préalablement isolés, et, si la netteté de ses renseignements nous séduit, un peu de réflexion nous amène à avouer que bien rarement elle nous donne l'équivalent des maladies elles-mêmes. Il y a plus : souvent la chimie se déclare impuissante à reproduire telle ou telle combinaison, je ne dis pas seulement du monde organique, mais du règne minéral, dont cependant elle possède tous les éléments constitutifs. Pourquoi? C'est que la chimie du laboratoire ne dispose ni des mêmes hautes températures, ni des mêmes courants électriques, ni surtout de ces longues et lentes réactions qui ont présidé à la formation naturelle de cette substance. Rien d'étonnant si la médecine expérimentale se heurte aux mêmes difficultés et subit les mêmes mécomptes : comment ferait-elle, avec ses procédés expéditifs, pour imiter les innombrables modifications que subissent les organismes vivants de la part de tant de causes et de causes si variées et si persistantes?

Mais revenons à nos praticiens. Nous voici suffisamment édifiés sur les motifs qu'ils font valoir pour prononcer le divorce entre la clinique et la pathologie. La pathologie et la clinique se complètent, s'impliquent l'une l'autre. Ce serait une chose détestable assurément d'étudier l'histoire des maladies comme on étudie la grammaire, sans voir de malades (ainsi que cela se pratiquait il n'y a pas encore très-longtemps, dans certaines universités allemandes); mais il n'y aurait pas moins d'inconvénients à fréquenter les hôpitaux sans être initiés aux *connaissances théoriques* par les livres ou l'enseignement oral. Les faits que vous trouveriez dans les hôpitaux vous déconcerteraient par leur étrangeté, vous décourageraient par leur complication. Puisque, encore une fois, notre pathologie, même à ceux qui la savent le mieux, suffit à peine pour résoudre tous les problèmes de la clinique, c'est bien le moins que nous nous efforcions de devenir des pathologistes consommés, si nous voulons être un jour des cliniciens passables.

AXENFELD.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
(de l'Institut).

XVII

Races végétales, animales et humaines.— Observations générales. — Étendue des variations.

Malgré la rapidité avec laquelle nous venons d'esquisser l'histoire des diverses races domestiques, nous avons passé en revue les principaux caractères qui les distinguent. Il faut maintenant les reprendre un à un, afin de constater avec précision les limites entre lesquelles ils oscillent.

Cela fait, nous comparerons les races humaines entre elles au point de vue de l'étendue des variations que présente, d'un type extrême à l'autre, chacun de ces caractères étudié d'abord chez les végétaux et chez les animaux. Le résultat sera toujours le même. L'expérience montrera que les limites de ces variations sont toujours plus resserrées chez les hommes que chez tous les autres êtres organisés que nous leur opposerons.

Nous déduirons alors de ce fait une conséquence forcée que nous formulerons ainsi : Si étendues que nous paraissent les différences entre groupes humains, elles ne le sont pourtant pas assez en réalité pour permettre de conclure, au nom de la morphologie seule, que ces groupes représentent plusieurs espèces distinctes.

Avant de parler de l'étendue des variations de races chez les végétaux, il est bon de faire une remarque générale.

En parcourant ce qu'ont écrit sur la question qui nous occupe les botanistes et les zoologistes, nous voyons les premiers évaluer toujours plus bas que les seconds la valeur des écarts qu'ils observent. Cette divergence s'explique, et nous allons avoir en même temps la clef des différences d'appréciations que l'on rencontre chez quelques-uns des hommes dont nous aurons à discuter les opinions.

Dans l'arbre ou la plante, le botaniste ne reconnaît qu'un seul élément anatomique, la cellule ; qu'un seul organe, la feuille. Vous savez en effet que, par ses transformations, la cellule engendre tantôt le tissu vasculaire, tantôt le tissu ligneux le plus dur. De son côté, la feuille se transforme en pétales, en étamines ou en pistils. Aussi l'esprit du botaniste se familiarise-t-il de bonne heure avec l'idée de métamorphoses et presque de transmutations. Il transporte ensuite tout naturellement dans l'étude de l'espèce le *mètre* qu'il s'est créé en étudiant les variations chez les individus; et il arrive ainsi à n'attacher qu'une importance secondaire aux modifications même considérables qui sont l'origine des races les plus distinctes.

Il n'en est pas de même du zoologiste. Sur son terrain, toute assimilation des éléments ou des organes est impossible. En vain Schwann, physiologiste allemand, dont le nom vous est bien connu, a cherché à y introduire la théorie qu'admettent aujourd'hui tous les botanistes. Son application de la doctrine cellulaire à l'organisme animal a eu quelques années de faveur, grâce à un certain nombre de faits vrais qu'elle mettait en lumière, grâce surtout à l'appui qu'elle a rencontré à son origine chez des autorités scientifiques très-considérables, parmi lesquelles je vous citerai l'éminent Müller; elle était séduisante en outre en ce qu'elle faisait concevoir un lien des plus intimes entre le règne animal et le règne végétal; mais elle n'a pu résister à des études sérieuses.

Chez l'homme et chez les animaux, les éléments sont certainement distincts, et les organes ont leur nature comme leurs formes propres. C'est pourquoi les zoologistes cotent plus haut et apprécient d'une manière plus exacte la valeur des modifications organiques extérieures et intérieures qui existent de groupe à groupe, de race à race, de variété à variété.

Toutefois, regardons-y de près; même en se plaçant au point de vue du botaniste, si la cote, comme il faut le supposer, reste la même, on constate chez les végétaux des variations de types plus considérables que chez l'homme. En effet, même en admettant toutes les atténuations que l'on rencontre dans certains ouvrages de botanique, il existe sans

---

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579 et 592, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er, 8 et 15 août 1868.

contredit entre le chou cavalier, le chou cabus et le chou-fleur des différences bien autrement tranchées que d'un groupe humain à l'autre. Si l'on compare le poirier sauvage et le poirier cultivé, l'absence chez ce dernier des piquants auxquels se sont substitués autant de rameaux suppose une multiplication des éléments, et surtout un développement d'organes et d'individus qui ne rappelle rien de semblable chez l'homme.

Au reste, au point de vue de la comparaison rigoureuse, les végétaux se prêtent peu à une étude de détail. Nous n'insisterons donc pas beaucoup sur eux, et c'est surtout des animaux que nous parlerons.

Cependant il est un ordre d'observations que nous ne pouvons pas négliger, du moment qu'il s'agit de savoir jusqu'où peuvent aller, dans un sens, les modifications d'un type primitif sans que l'unité spécifique du groupe en soit altéré. Je veux parler de la taille, qui constitue une des particularités les plus frappantes du végétal aussi bien que de l'animal.

Or, l'homme est un juge très-exact lorsqu'il s'agit d'apprécier celle de ses semblables. Chacun de nous saisit aisément une différence de 2 ou 3 millimètres dans la taille de deux personnes. Cette rigueur d'appréciation résulte de l'éducation inconsciente et relativement parfaite que notre œil reçoit tous les jours à l'égard des caractères de l'homme.

A moins d'une étude spéciale, nous n'avons le coup d'œil ni aussi juste, ni aussi prompt, lorsqu'il s'agit des végétaux et des animaux. De là une fréquente inégalité dans nos jugements.

Cependant un choix de termes de comparaison frappants et quelques chiffres précis pris dans les deux règnes vont nous permettre d'envisager les faits sous leurs vrais rapports, et de constater même chez les végétaux sauvages des variations de taille énormes.

Une foule d'espèces végétales de plaine ont des représentants dans la montagne. Ces dernières races, formées dans des conditions plus dures, sous un climat plus rigoureux et nourries par un sol plus maigre, présentent une diminution de taille qui peut aller jusqu'à réduire au rang d'arbrisseaux rabougris des arbres tels que le chêne, le sapin ou le bouleau. Dans nos potagers et dans nos vergers, les modifications sont bien plus étendues encore, surtout si l'on examine la partie de la plante pour laquelle nous la cultivons, celle que l'homme a cherché à modifier et à améliorer souvent à l'exclusion de toutes les autres. Ainsi nos jardiniers obtiennent des pommes et des poires dix fois plus longues que ces mêmes fruits sauvages, et des carottes ou des navets dont les racines sont vingt fois plus grosses que celles du type de l'espèce.

Encore n'est-ce ni dans nos vergers, ni dans nos potagers qu'il faut chercher les vrais miracles d'exagération ou de diminution extrême des dimensions de certains végétaux. Il faut aller chez les Chinois et chez les Japonais. Or, chez ces derniers, Kæmpfer, Meylan, Fischer et Siebold ont vu de véritables prodiges.

Siebold, dont le témoignage a été confirmé par des observations isolées, convainc nos jardiniers de n'être que de bien petits élèves à côté des jardiniers japonais. Ceux-ci, en effet, cultivent des laitues dont les feuilles sont longues d'un mètre. Meylan nous parle de radis pesant communément de 15 à 16, et parfois de 50 à 60 livres, et de fleurs de cerisiers égales chacune à quatre belles roses.

Voilà pour l'exagération artificielle des dimensions. Les faits de réduction ne sont pas moins étranges.

Tout le monde sait que les Chinois élèvent dans des pots des arbres nains ayant le port de leurs frères géants des forêts. Au Japon, Meylan et Fischer nous donnent de curieux détails sur un petit groupe d'arbres composé d'un sapin, d'un bambou et d'un cerisier en fleurs, et présentant l'apparence d'une végétation vigoureuse avec le port d'arbres bien venus, le tout renfermé dans une caisse de 4 pouces de hauteur sur un pouce et demi de largeur (soit 0^m,115 sur 0^m,040), et du prix de 2500 francs.

Évidemment, pour se faire une idée de pareilles variations chez l'homme, les termes de comparaison que nous offrent les fables de Gulliver ne suffiraient plus, et il faudrait imaginer un contraste plus frappant encore que celui des Lilliputiens et des géants de Brodignac.

Si remarquables que soient les faits que je viens de vous citer, je ne vous ai cependant parlé des végétaux que pour rester fidèle à ma méthode ordinaire; mais c'est avant tout aux animaux qu'il faut s'adresser pour cette comparaison de l'étendue des variations que présentent les mêmes caractères chez l'homme et chez les autres êtres organisés.

J'appelle tout d'abord votre attention sur le tableau page 623. J'y ai réuni les dimensions linéaires maxima et minima de quatre espèces animales domestiques et de deux races d'hommes; puis j'ai exprimé les rapports linéaires et les rapports en volume correspondant à des formes extrêmes. Vous savez que le rapport en volume de deux solides semblables varie comme le cube des côtés homologues. J'ai donc pu me servir, pour le déterminer, soit de la longueur, soit *de la hauteur*. Il est vrai que chez les animaux on ne rencontre pas, à beaucoup près, la similitude des solides géométriques, et que le rapport du volume de l'épagneul à celui du chien de montagne ne saurait être déduit aussi rigoureusement que s'il s'agissait de deux pyramides ou de deux octaèdres. Mes chiffres ne peuvent donc être qu'approximatifs, bien que cette similitude entre les types de races animales différentes soit souvent presque rigoureuse. Quant au rapport linéaire, il est toujours très-exact.

Ce tableau demande à être complété par quelques détails. En tête vous trouvez le chien, sur lequel nous avons des données précises, grâce à Fréd. Cuvier et à Isid. Geoffroy, qui sont entièrement d'accord sur la question. Le premier donne pour rapport de longueur entre le petit épagneul et le chien de montagne : 1 : 5, et le second, 4 pieds 1 pouce 3 lignes : 0 pied 11 pouces 4 lignes. Cette mesure est prise *depuis le* museau jusqu'à l'origine de la queue; elle représente donc la longueur du tronc.

Remarquez en outre que, pour vous citer des chiffres aussi précis que possible, je me suis tenu en deçà des limites extrêmes de grandeur et de petitesse. Je n'ai pas parlé du chien d'Irlande, qui, d'après Buffon, mesurerait assis 5 pieds de haut ou 1 mètre 60 centimètres environ, ni de ce petit chien rapporté de Chine par un soldat et exposé lors du premier concours des races canines au bois de Boulogne, animal certainement plus petit que l'épagneul qui figure sur mon tableau.

Le lapin a une histoire bien nette. La souche sauvage en est parfaitement connue, et il commence, lui aussi, à entrer dans le domaine de la fantaisie et de l'éducation soignée, ce qui nous promet pour l'avenir de belles races et des types ex-

Tableau des variations de taille et de volume.

ESPÈCES.	MESURE.	DIMENSIONS LINÉAIRES.				RAPPORTS	
		RACE.	MINIMUM.	RACE.	MAXIMUM.	LINÉAIRE.	EN VOLUME.
Chien................	Longueur.	Petit épagneul.	m. 0,305	C. de montagne	m. 1,328	0,2	0,01
Lapin................	Id.	Niçard.	0,20	L. bélier.	0,60	0,3	0,03
Mouton..............	Hauteur.	»	0,325	»	1,190	0,3	0,03
Cheval...............	Id.	Sheltie.	0,76	De brasseur.	1,80	0,4	0,06
Homme..............	Taille moyenne	Boschiman.	1,46	Patagon.	1,72	0,8	0,61
	Taille extrême.	Boschiman.	1,29	Patagon.	1,90	0,7	0,31

trêmes remarquables. Je n'ai trouvé cependant de chiffres précis que pour les lapins de France ; c'est donc parmi eux seulement que je chercherai des limites. Le lapin niçard du midi de la Provence est assez voisin du lapin sauvage et ne pèse que de 1 à 2 kilogrammes. Le lapin bélier, d'après *Johnston*, pèse de 5 à 6 kilogrammes, et il y en a certainement de plus gros.

Pour le cochon, quelques détails suppléeront aux chiffres qui font défaut. En Écosse, le cochon des Highlands est très-petit; celui du Chestshire et celui de Normandie sont au contraire très-grands.

En France, le poids des porcs varie suivant les races de 100 à 300 kilogrammes. Je me rappelle avoir vu dans les Cévennes une race estimée dans laquelle le poids n'atteignait certainement pas 100 kilogrammes : c'étaient les petits cochons noirs du Quercy. Outre leur chair de bonne qualité, ils présentaient cet autre avantage que la rusticité de leur vie permettait aux paysans même pauvres d'en nourrir un ou deux, et de s'approvisionner ainsi à bon marché de viande salée pour toute l'année. D'un autre côté, les porcs du Chestshire pèsent jusqu'à 600 kilogrammes, ce qui nous donnerait comme rapport 0,17.

Chaque pays, pour ainsi dire, a ses races grandes et petites de chevaux. En France, par exemple, les petits poneys des Landes, des Pyrénées et de Corse, offrent un contraste frappant avec les boulonnais, et surtout avec cette race des chevaux de halage qui tend à disparaître après avoir longtemps fourni les bêtes colossales qui étaient employées à faire remonter le Rhône aux trains de bateaux.

L'Angleterre, où le cheval est si étudié et si soigné, devait produire les types extrêmes. Ce sont, d'une part, ces shelties ou chevaux des îles Shetland que l'on peut transporter en cabriolet, et pour lesquels j'ai emprunté les chiffres de mon tableau à David Low, qui ajoute qu'il en existe de plus petits. De l'autre, ce sont les chevaux des brasseurs de Londres, bêtes dont la taille surpasse, paraît-il, celle de nos chevaux de halage.

Pour le mouton, ce sont les chiffres de Daubenton que j'ai reproduits. Mais l'illustre naturaliste ne connaissait pas les moutons des Kirghiz, qui, au dire de Müller et Godron, ont souvent la taille de petits ânes. Plusieurs autres races fourniraient des exemples analogues, mais les chiffres nous manquent.

Quant aux chèvres, on en trouve de naines à Juida, à Madagascar, en Égypte, aux îles Comores, qui ont la taille d'un gros chat; le bouc est un peu plus grand. Dans le Thibet et dans la Numidie, la race est au contraire beaucoup plus grande que celle d'Europe.

La taille du bœuf présente des divergences analogues. Au Sénégal, certains de ces animaux ne sont pas plus grands qu'un sanglier, tandis qu'en Abyssinie, en Angleterre (race Durham) et dans les provinces danubiennes, on en trouve de haute taille qui ont jusqu'à 1 mètre 97 centimètres.

Ces exemples, avec les données numériques dont je les ai fait précéder, suffisent pour vous donner une idée des limites qu'atteignent dans leurs variations, au point de vue de la taille, les diverses races domestiques appartenant aux principales espèces animales soumises par l'homme. Voyons ce que nous présentent les groupes humains, en commençant par nous occuper des petites races.

Si je prononce le nom des pygmées, c'est seulement pour vous faire remarquer que, chez les modernes, moins à l'abri qu'on ne le croit de telles exagérations, la fable en a été reproduite à propos des Kimos de Madagascar.

Les Lapons ont été pendant longtemps considérés comme les plus petits hommes qui existassent ; on a même fort exagéré leur petitesse. Regnard, par exemple, termine leur portrait par cette conclusion : « Voilà la description de ce petit animal qu'on appelle Lapon, et l'on peut dire qu'il n'y en a point, *après le singe*, qui approche plus près de l'homme. » Cependant ce jugement de notre grand comique ne doit point être pris à la lettre. Buffon, d'après les renseignements qui lui étaient parvenus, donne pour moyenne de leur taille 4 pieds et demi, c'est-à-dire de 1 mètre 30 centimètres à 1 mètre 45 cen-

timètres. Klinstedt et Hoegstrœm se bornent à dire qu'ils sont sous ce rapport au-dessous de la moyenne. Crantz leur accorde 5 pieds, soit 1 mètre 625 millimètres. Capell Brooke, d'après des moyennes qu'il prit pendant un hiver passé en Laponie, parle de 5 pieds 5 pouces 2 lignes anglais, ou de 1 mètre 52 centimètres à 1 mètre 57 centimètres. Vous le voyez, ces chiffres ne placent pas les Lapons à une distance tellement grande de certains habitants de l'Europe méridionale.

Rienzi, à qui nous devons des renseignements intéressants sur la Polynésie et la Malaisie, parle d'une race d'Aïtalo-pygmées, habitant l'intérieur de Sumatra, qui n'auraient que 4 pieds 6 pouces. Mais ce sont en réalité les Boschimans qui offrent la moyenne de taille la plus réduite, ainsi que les exemples de la petitesse atteignant son maximum. Lichtenstein en a vu deux de 4 pieds environ. Le missionnaire anglais Barrow, qui a séjourné dans leurs tribus, a pris des mesures dans un kraal de 150 individus. L'homme le plus grand atteignait 4 pieds 9 pouces, et la femme la plus grande 4 pieds 4 pouces. La taille moyenne était pour les hommes de 4 pieds 6 pouces, et pour les femmes de 4 pieds. — Or, le pied anglais vaut 304 millimètres, tandis que le pied français vaut 325 millimètres, et le pouce anglais se traduit par $0^m,025$ au lieu de $0^m,027$.

Ces chiffres représentent incontestablement pour la taille la moyenne inférieure entre toutes les races humaines. Quand on a découvert les populations andamanes, on s'est trouvé en face d'une race fort petite, mais qui ne l'est pourtant pas autant que celle des Boschimans.

De la limite inférieure je passe à la limite supérieure. Ici la fable des géants répond à celle des pygmées. Cette tradition de l'existence primitive d'hommes d'une taille gigantesque se retrouve chez tous les peuples, dans la mythologie grecque, dans la Bible et jusque dans les légendes des Delawares et des Iroquois. A une certaine époque même, la science européenne l'a admise comme une réalité. En sorte qu'elle a eu l'honneur d'être sérieusement discutée par Riolan, d'Azara, Haller, Vinez, etc. Aujourd'hui on explique l'origine de cette fable par la découverte des ossements fossiles. Il est évident que bien des fois on a attribué à l'homme primitif les débris du mammouth ou du mastodonte. D'autre part, il faut en chercher aussi la cause dans un sentiment de vanité. Ainsi les Iroquois et les Delawares, après avoir expulsé les premiers occupants de la vallée du Mississippi, ont voulu grandir leur victoire en disant qu'ils avaient eu des géants à combattre. Or, il est avéré que vainqueurs et vaincus appartenaient à des races de taille ordinaire.

Cependant ces traditions ont paru reprendre corps dans les temps modernes, par suite des exagérations des premiers voyageurs qui ont visité la Patagonie. Pigafetta, historien des voyages de Magellan, rapporte que dans ce pays la tête des matelots atteignait à peine à la ceinture des indigènes. Argusala leur attribue une taille de 13 pieds, soit 3 mètres 52 centimètres; Harris la réduit à 10 pieds, et Byron à 9. Enfin Commerson et Bougainville, qui ont passé plusieurs heures au milieu de ces populations, disent que la taille y varie de 5 pieds 8 pouces à 6 pieds.

D'Orbigny a visité la Patagonie, en prenant des mesures dans plusieurs localités. Le Patagon le plus grand qu'il ait trouvé avait 5 pieds 11 pouces (1 mètre 90 centimètres). La moyenne était, selon lui, de 5 pieds 4 pouces (1 mètre 73 centimètres). Le capitaine King a confirmé ces renseignements, et nous savons aujourd'hui que les Patagons forment la race la plus grande que nous connaissions, c'est-à-dire celle de toutes où la moyenne de la taille est la plus élevée.

A propos du tableau qui résume cet ensemble de mesures prises sur l'homme et sur les animaux, j'ajouterai encore qu'en faisant les calculs nécessaires pour réduire à la même unité les chiffres divers que j'avais recueillis, je n'ai pas toujours trouvé des nombres ronds. Or, j'ai forcé partout les résultats de manière à rapprocher les limites lorsqu'il s'agissait des animaux, à les écarter pour l'homme. Je suis sûr ainsi d'avoir évité tout reproche d'exagération. Vous voyez pourtant que les variations linéaires sont encore de moitié, et les variations de volume cinq fois moins grandes chez les hommes que chez les animaux. Si donc, chez ces derniers, l'unité spécifique résiste à de tels écarts d'un même caractère, n'en doit-il pas être à fortiori ainsi pour l'homme?

La question des proportions du corps et des membres reviendra plus tard pour nous dans l'étude des caractères généraux des races. Cependant il est bon d'en dire un mot en ce moment à notre point de vue spécial. En effet, la longueur comparative du corps et des membres constitue un des caractères qui frappent le plus après la taille absolue.

Malheureusement les mesures rigoureuses manquent; vous y suppléerez jusqu'à un certain point par vos souvenirs, ainsi que par l'examen du tableau que je mets sous vos yeux, et où Isidore Geoffroy a exprimé en chiffres les proportions de plusieurs races canines :

Tableau des proportions de quelques races de chiens.

Races.	Hauteur au garrot.	Longueur du corps.	Rapport.
Chien de montagne.	0,78	1,33	0,58
Dogue de forte voix.....	0,78	1,19	0,65
Grand lévrier..........	0,63	1,03	0,61
Petit lévrier...........	0,36	0,53	0,68
Basset.........	0,30	0,81	0,37

Je vous ferai remarquer qu'il faut tenir compte des différences générales des formes suivant la race, de l'épaisseur du corps et de la hauteur des jambes, par exemple, s'il s'agit d'une comparaison entre le lévrier et le basset.

D'autres espèces fourniraient matière à des observations analogues ; mais, comme elles n'ont pas été l'objet de mesures suffisamment précises, je me borne à faire appel sur ce point à vos souvenirs personnels, qui vous donneront au moins une idée de l'étendue des variations qu'elles présentent.

Parmi les chevaux, on rencontre des formes qui correspondent assez exactement à certains types de chiens. Ainsi le cheval de course anglais mérite bien le nom de lévrier qui lui a été souvent appliqué, tandis que le cheval de brasseur de Londres rappelle nos forts chiens de garde. De même en France, notre race limousine, moins efflanquée cependant que la race de course, se rapproche aussi du type lévrier, et nos chevaux boulonnais du type opposé.

Les mêmes analogies se retrouvent dans l'espèce mouton. Chez les Kirghiz et les Touaregs, il existe des races à jambes longues, dont les représentants sont de véritables moutons lévriers, et en Amérique s'est produite la race ancon, qui rappelle les formes du basset. Nous aurons plus tard l'occasion d'en parler avec quelques détails.

Nous ne constatons pas chez l'homme de variations com-

78 centimètres, correspond une longueur moyenne de 70 centimètres pour le membre supérieur, et de 87 centimètres pour le membre inférieur. 5 centimètres de plus ou de moins suffiraient pour constituer une véritable difformité qui sauterait immédiatement aux yeux. Il me suffit de vous rappeler l'impression que vous avez certainement éprouvée dans les bains publics en face d'individus dont vous disiez qu'*ils étaient tout jambes*, comparés à d'autres que vous trouviez bien faits. Et cependant il n'y avait certainement pas entre eux plus de 2 à 3 centimètres de différence proportionnelle dans la longueur des membres inférieurs.

Ainsi, on constate des variations du simple au double chez les animaux, tandis que chez l'homme, en diminuant le membre supérieur, par exemple, de 5 centimètres, on obtiendrait une véritable monstruosité; cependant le rapport normal de la longueur du bras à la taille, représenté par 0,39, serait encore, après cette transformation, de 0,36. Bien que l'on regarde comme un défaut choquant, chez le nègre et chez l'Indien comparés à nous, la longueur des jambes chez le premier et de l'avant-bras chez le second, il n'en faut pas moins des mesures très-exactes pour apprécier en chiffres ces différences qui n'atteignent certainement pas celles que nous venons d'indiquer.

Entre le volume de la poitrine et celui de l'abdomen il existe chez certaines races animales un véritable balancement. Ainsi le cheval de course a la poitrine large et longue avec un ventre très-réduit, tandis que le cheval de fiacre, type qui commence à disparaître, a la poitrine étroite et le ventre volumineux. Entre le bœuf Durham et le bœuf ordinaire, on constate des différences analogues.

L'homme présente-t-il des phénomènes semblables? D'Orbigny nous donne sur la race quichua de la région ando-péruvienne quelques détails qui pourraient le faire penser. Malheureusement ils ne sont accompagnés d'aucun chiffre. Cependant ses dessins ne permettent pas d'apercevoir rien qui ressemble à une sorte de balancement des volumes de la poitrine et de l'abdomen. Chez cette race, l'ensemble du buste serait seulement plus long par rapport aux jambes.

J'ai quelques mots à dire des variations que présente la queue dans certaines espèces animales. Il est à regretter qu'on n'ait pas, chez le chien, pris sur cet organe des mesures analogues à celles qui ont été prises sur le tronc. La queue présente, vous le savez, chez ces animaux, des différences extrêmement considérables. Les écarts de longueur si remarquables qu'elle offre d'une race à l'autre peuvent tenir à deux causes : l'allongement plus ou moins grand des vertèbres caudales ou la variation de leur nombre. Dans les deux cas il en résulte des caractères dont l'appréciation se rattache à l'étude du squelette, et, quelle que soit la cause en jeu, les différences finales n'en existent pas moins.

Y a-t-il réellement des chiens sans queue? Je vous ai signalé ce fait dont Buffon parle avec doute, et qui, depuis lui, a été bien des fois nié. Cependant M. le baron Le Couteulx, l'un de nos amateurs de chiens les plus connus et les plus éminents, m'a donné les détails les plus précis sur des chiens absolument dépourvus de queue, qui, dit-il dans sa lettre, se rencontrent sur plusieurs points de la France, et semblent particulièrement attachés aux toucheurs de bœufs. Leur race est si bien fixée, que M. Lecoulteux a vu ... ment dépourvus de cet organe.

Ainsi, la queue du chien est tantôt nulle, tantôt presque traînante, comme il arrive dans certaines races de chiens courants.

Parmi nos autres espèces domestiques, le mouton est l'animal chez qui le même organe présente les variations les plus frappantes. Les races de Norvége et des Shetland l'ont très-court, au dire de David Low, et Pallas nous assure qu'en Perse, en Abyssinie, en Tartarie et sur les bords de la Caspienne, il existe aussi des races qui en sont presque entièrement privées.

En revanche, dans d'autres régions telles que l'Ukraine, la Podolie et les bords du Danube, la queue est extrêmement développée, et souvent traîne à terre, d'où le nom d'*Ovis longicauda* qui a été naturellement donné au mouton de ces contrées. Chez d'autres de ces animaux, elle se charge de pelotes de graisse différemment placées. Hérodote en citait déjà en Caramanie. On en trouve aussi chez les Kalmouks et les Kirghiz, en Syrie, en Algérie, en Arabie et au Cap. Pallas a vu un de ces moutons dont la queue pesait 33 livres. On comprend qu'alors un petit chariot traîné par l'animal lui-même soit nécessaire pour l'aider à en supporter le poids.

L'homme présente-t-il parfois des variations analogues à celles que je viens d'indiquer? A priori, cela serait possible, car il possède une queue rudimentaire connue sous le nom de coccyx. Or, cette partie du squelette pourrait très-bien s'exagérer au point de mériter un changement de nom. Il est donc naturel de se poser cette question : Y a-t-il en réalité des hommes à queue? Le fait, je le répète, n'ayant rien d'invraisemblable, il est probable qu'il en existe au moins comme variétés, et les attestations ne manquent pas. Pline, Ptolémée et les anciens auteurs en parlent souvent. A une époque un peu antérieure à la renaissance, Marco Polo en fait mention dans l'Asie centrale, Struys en a vu à Formose. Comme témoignages modernes, nous avons ceux de Sonnerat pour Mindanao, de Gemelli pour les Moluques, de de Maillet pour la Barbarie, de Ribeiro pour les Indiens de l'Amérique. Enfin nous pouvons en invoquer de plus récents encore. Gronovius, qui avait habité pendant quinze ans l'île de Bornéo, affirma à Dumont d'Urville qu'il avait vu plusieurs individus ayant des queues de 1 pouce et demi à 2 pouces de longueur, soit environ 55 millimètres. Ducouret déclare avoir observé le même caractère chez un Ghélanes, à la Mecque. Aucapitaine a vu un croquis fait d'après nature, qui reproduisait un phénomène pareil.

Le fils du sultan du Fezzan a affirmé à Isidore Geoffroy l'existence d'hommes ainsi conformés. Moi-même j'ai recueilli des récits analogues de la bouche, non pas d'un témoin oculaire, mais d'un homme en la véracité duquel je devais avoir une foi complète, et qui parlait de ce fait comme bien connu en Égypte. Enfin M. Lesaint, qui vient de succomber si malheureusement en tentant de passer à travers l'Afrique, m'avait écrit pour me prévenir qu'un individu de la haute Égypte, doué d'un appendice caudal, venait d'arriver en Europe. Il suffit au reste, pour expliquer l'apparition de pareilles variétés, de se rappeler le mécanisme des métamorphoses humaines.

L'homme, à l'état d'embryon, a une queue aussi longue que celle du chien pendant la même période. Il suffirait, par con-

séquent, pour qu'elle se développât, d'un de ces phénomènes que l'on appelle à tort arrêts de développement, et qui sont en réalité des prolongations de développement par suite d'un arrêt de la métamorphose. Ces arrêts, très-fréquents ailleurs, sont ici presque probables; et il n'y a rien d'absurde à supposer que le coccyx humain, qui cesse ordinairement de se développer sous l'influence d'une métamorphose, puisse exceptionnellement continuer à croître, de manière à exister chez l'adulte avec une longueur proportionnée à celle qu'il atteint toujours chez l'embryon.

Mais ce n'est là qu'un côté de la question : les faits observés, en les supposant exacts, suggèrent une autre observation. Quelle est l'étendue de la modification qu'ils accusent? Les témoignages les plus précis restreignent considérablement le développement de cet organe devenu accidentellement plus long que d'ordinaire, car il ne s'agit pas ici de ces contes des anciens voyageurs qui parlaient d'hommes à queue de vache.

Nous avons vu que, d'après les observations les plus dignes de foi, il ne pouvait être question que d'une longueur de 5 ou 6 centimètres au plus.

Sans doute cela suffit bien pour constituer un cas des plus curieux en même temps qu'une anomalie fort gênante pour ceux qui viennent à en être victimes, et vous ne serez pas étonnés qu'Isidore Geoffroy m'ait parlé de l'embarras qui en résultait pour un cavalier obligé néanmoins de remplir son service; mais ce qui importe surtout, c'est de savoir si, tel qu'il est, ce caractère n'est qu'individuel, ou bien s'il a pu devenir héréditaire et former une race.

Pour héréditaire, il pourrait certainement le devenir. Nous savons, en effet, que chez les animaux, c'est le propre de tous les caractères de variétés, de pouvoir se transmettre par la génération. Cependant, ici, les faits ne viennent nullement à l'appui de cette induction théorique, et l'on n'a cité d'une manière quelque peu précise que des cas observés isolément sur divers points du globe.

On avait beaucoup parlé de la population des Niam-Niams, mais aucun témoignage sérieux n'est venu confirmer l'existence de ces prétendus hommes-singes. Bien au contraire, M. Le Saint, qui avait déjà, dans son voyage en Afrique, dépassé ces populations, ne nous a rien communiqué sur leur compte, qui ressemble aux fables dont elles avaient été l'objet. Ce n'est pas tout; le fait d'hommes à queue apparaissant sur les marchés d'esclaves les plus voisins du pays des Niam-Niams serait des plus rares, d'après les récits des voyageurs (1). Il n'y a donc pas de races d'hommes à queue; mais il existe probablement des individus présentant isolément ce caractère. D'ailleurs, alors même qu'une pareille race existerait, elle serait, vous l'avez vu, bien loin de présenter jamais, dans les variations de son caractère distinctif, les oscillations énormes dont je vous ai parlé à propos du chien et du mouton. L'homme resterait encore sur ce point fidèle au fait général que j'indiquais; et chez lui, dans cette hypothèse même, les limites des variations seraient moins étendues que dans les espèces animales.

(1) Sur la queue des Niam-Niams, voyez une conférence de M. Guillaume Lejean, avec figures, dans la *Revue des cours littéraires*, tome II, page 547, 15 juillet 1865.

XVIII

Races animales et races humaines. — Caractères extérieurs. — Étendue des variations.

Après avoir parlé des caractères les plus généraux, nous devons nous occuper de ceux qui se rattachent d'une manière plus ou moins spéciale à certains organes ou appareils déterminés, en insistant d'abord sur les plus extérieurs.

A ce titre, les caractères empruntés à la peau appellent sur-le-champ l'attention. Plusieurs d'entre eux sont en outre fort importants pour la détermination des races. Considérée dans son ensemble, la peau est un véritable organe, et, soit qu'il s'agisse d'elle, soit qu'il s'agisse de ses annexes, elle doit être étudiée à plusieurs points de vue.

Disons un mot d'abord de l'étendue proportionnelle des parties qu'elle est destinée à envelopper.

En général, la peau est appliquée sur le corps, qu'elle isole du monde extérieur et protége contre les influences du milieu. Parfois, cependant, elle présente comme un excédant qui se traduit en replis plus ou moins accusés. C'est ce qui a lieu chez plusieurs animaux, lorsque la peau du cou se prolonge d'une façon parfois très-marquée, de manière à former ce qu'on appelle un fanon. On observe cette particularité chez certaines races de bœufs et de chèvres, mais, à côté, on trouve des races qui ne la présentent pas.

Chez l'homme on ne voit rien de tel. Si la peau des vieillards forme le plus souvent des replis, cela résulte de l'amaigrissement général qui la rend flasque.

On ne connaît, dans toutes les races humaines, qu'un seul fait comparable à celui de l'existence des fanons : c'est ce qu'on a appelé le tablier des femmes hottentotes et boschimanes.

Ce caractère a commencé par être l'objet de grosses erreurs, ou tout au moins d'exagérations considérables. On avait cru d'abord qu'il consistait en un repli cutané tombant depuis l'abdomen jusqu'à mi-cuisse; de là le nom de *tablier* qui lui fut donné et qui est resté. Mais il n'a pas tardé à être ramené à sa valeur vraie à la suite d'un examen fait sur place par Sommerville et Barrow, à la suite surtout d'un mémoire de Cuvier lors de la mort de cette Vénus hottentote dont le moule est exposé dans nos galeries. Cuvier a montré que le tablier n'est autre chose qu'un prolongement des petites lèvres pouvant atteindre une longueur de 10 à 12 centimètres. Vous voyez que ce simple accroissement d'un organe normal *entraîne* un caractère bien moins tranché que l'existence des fanons chez certaines races bovines.

Cependant, même ainsi réduite, cette particularité organique serait encore bien remarquable, et pourrait fournir un prétexte à ceux qui sont portés à voir un caractère d'espèce dans chaque trait qui s'écarte des nôtres, si elle n'appartenait qu'à un groupe humain. Mais il n'en est pas ainsi. Le tablier se retrouve chez d'autres populations de l'Afrique avec plus ou moins de généralité. Il est surtout très-fréquent dans une race très-éloignée et très-différente de la race Hottentote, chez les Abyssiniennes. Le prolongement des nymphes est même si habituel chez elles, que, depuis un temps immémorial, la coutume de la circoncision des filles s'est établie dans le pays, ainsi que l'affirme le document historique suivant. Au IVe siècle, à l'époque de la conversion des

Abyssiniens, les missionnaires commencèrent par interdire cet usage, dans lequel ils voyaient un reste de la tradition judaïque ou de quelque coutume païenne. Mais les inconvénients de son abandon ne tardèrent pas à se faire sentir, et des réclamations furent adressées à Rome, si bien que le collége de la Propagande envoya un chirurgien qui reconnut l'utilité pratique de la circoncision des filles. Sur son rapport, le pape s'empressa d'autoriser la reprise de l'ancienne coutume.

Enfin le tablier plus ou moins développé n'est pas très-rare en Europe. Il n'est probablement pas d'accoucheur qui n'ait constaté dans le cours de sa pratique des exemples d'une disposition analogue chez des femmes blanches n'ayant certainement aucune trace de sang hottentot ou abyssinien dans les veines. Ainsi ce trait, regardé comme si exceptionnel, apparaît isolément chez les races les plus éloignées et les plus différentes. Il nous offre donc un excellent exemple de cet entrecroisement de caractères dont je vous ai déjà fait comprendre l'importance.

Un autre mode d'extension de la peau, sur la valeur duquel on a beaucoup insisté dans ces derniers temps, constitue ce que l'on a appelé d'un mot exagéré, la palmure. Il s'agit, en réalité, d'un prolongement toujours peu considérable, entre les doigts, de la peau qui couvre la paume de la main.

Vous savez que chez les carnassiers tels que le chien les doigts sont en général complétement séparés et libres ; toutefois, dans certaines races, ils sont au contraire réunis par une palmure plus ou moins complète. C'est une particularité que présentent le chien de Terre-Neuve, le chien-loutre du Canada, fort employé pour la chasse au marais, et certains épagneuls anglais dressés également dans ce but.

Or, en Amérique, Nott et Gliddon ont beaucoup dit que la peau des mains accusait, chez les nègres, une disposition semblable. Ils ont même prétendu voir là un caractère spécifique. A cela je réponds que cette palmure est loin d'être aussi absolue qu'ils le disent. Je mets d'ailleurs sous vos yeux le dessin donné par Nott et Gliddon eux-mêmes d'une main de nègre ainsi conformée. Il n'est pas douteux qu'il doit reproduire aussi franchement que possible le caractère en question. Je vous présente, en outre, deux moules de mains de noirs. Il est facile de constater pour l'une un certain empiétement de la peau dans l'intervalle des doigts, mais cette particularité fait absolument défaut dans l'autre. Elle est donc loin de mériter toute l'importance qu'on a voulu attacher à sa prétendue généralité. Au reste, beaucoup de mains de blancs la présentent au même degré. Il suffit, en effet, de regarder celles de quelques-uns de nos paysans pour y constater un caractère assez analogue. C'est probablement l'effet du travail de la terre, par suite du maniement de la bêche, qui repousse naturellement les replis cutanés en avant de la paume de la main. Enfin j'ajoute à ces pièces de conviction le dessin, exécuté par l'un de vous, de sa propre main. La palmure y est aussi prononcée que dans celui de Nott, et pourtant il représente la main d'un blanc parfaitement pur et adonné uniquement à des études scientifiques.

Enfin, en supposant que ce trait existât chez le nègre d'une manière aussi constante et aussi tranchée qu'on l'a dit, rien n'autoriserait à en faire un caractère d'espèce. En effet, non-seulement le Terre-Neuve ne l'a pas toujours présenté, mais c'est récemment qu'il l'a acquis, car cet animal n'est pas originaire du pays dont il porte le nom ; il constitue une race qui n'est pas ancienne et qui s'est formée sous l'influence de l'action humaine.

La couleur est un des caractères de la peau sur lesquels l'attention mérite d'être le plus sérieusement appelée. Vous savez combien les teintes diffèrent dans les diverses races, et combien on s'est appuyé sur ces différences pour faire autant d'espèces des groupes humains qui présentaient les plus extrêmes. Nous devons, de notre côté, reconnaître que la couleur de la peau chez l'homme est le caractère dont les variations rappellent le plus par leur étendue toutes celles que nous avons passées en revue dans un grand nombre d'espèces animales.

Avant tout, il faut que vous ayez une idée, non point détaillée, mais au moins nette et générale de la composition de la peau. On s'accorde aujourd'hui à reconnaître en elle trois couches bien distinctes (fig. 119). L'une, profonde, est le derme,

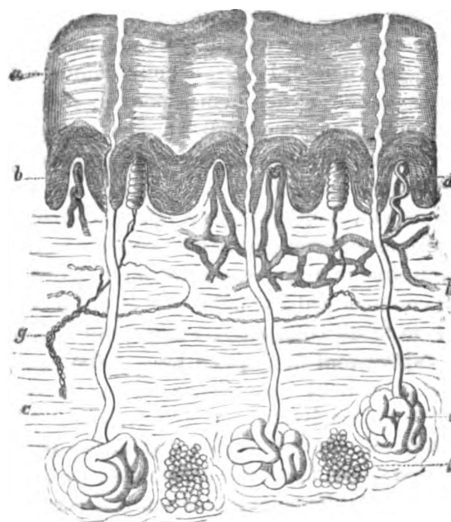


FIG. 119. — Coupe à travers la peau, sur la pulpe d'un doigt, montrant les trois couches (d'après Leydig).

a. Couche cornée de l'épiderme. — *b*. Couche muqueuse. — *c*. Derme. — *d*. Papilles. — *e*. Glandes sudorales. — *f*. Pannicules graisseux. — *g*. Nerfs se terminant par deux papilles pour former deux corpuscules du tact. — *h*. Vaisseaux sanguins (fort grossissement).

formé de tissu conjonctif abreuvé de sang par de nombreux vaisseaux et recevant beaucoup de nerfs; l'autre est cette couche extérieure insensible et d'apparence cornée, que nous appelons l'épiderme ; enfin entre les deux se trouve le réseau muqueux de Malpighi.

Les anciens ne connaissaient que le derme ou *corium* et l'épiderme. C'est vers 1665 seulement que Malpighi découvrit, en opérant sur la langue du bœuf, une couche muqueuse intermédiaire qu'il crut réticulée, et appela, par conséquent, réseau muqueux. Plus tard il en observa une semblable dans la peau du nègre, et reconnut qu'elle était le siége même de la coloration. Vous remarquerez que Malpighi faisait bouillir les organes sur lesquels il opérait, afin d'arriver à détacher et à isoler plus facilement les couches cutanées. Son successeur, Albinus, employa la macération, et, grâce à ce procédé plus sûr, il reconnut que le prétendu réseau formait au contraire une couche continue.

Sur un nègre atteint de la petite vérole, Cruikshank crut constater l'existence de cinq couches. Gaultier, à l'aide de ses vésicatoires, et, après lui, Blainville, Dutrochet, Breschet,

Weber, etc., donnèrent des nombres différents; ils ne s'accordaient pas non plus sur l'ordre de superposition. Le dernier travail sérieux qui ait été fait dans cette direction est celui de mon ancien collègue et prédécesseur dans cette chaire, M. Flourens. Il employa des procédés délicats de macération pour comparer la peau d'un blanc avec celle d'un nègre et d'un Charrua. Il conclut à la multiplication du nombre des couches. Il trouvait, chez le nègre, un derme, deux épidermes et deux lames pigmentaires. Chez le blanc, il n'existait au contraire, selon lui, qu'un derme et deux épidermes. Ainsi, comme ses devanciers, M. Flourens arrivait à reconnaître une différence considérable entre les deux races au point de vue de la structure de la peau.

Cependant la variabilité des résultats accusait évidemment un vice dans le mode d'investigation, que ce fût la coction, la macération ou la méthode épispastique de Gaultier. Le microscope seul devait lever les difficultés d'analyse, et fixer les anthropologistes sur le nombre véritable, la nature et les rapports entre elles des couches cutanées.

Tous les micrographes, en effet, Henle, Krausse, Simon, Kölliker, etc., sont d'accord sur un point important, l'identité absolue des nègres et des blancs pour la structure et la composition de la peau. Ils admettent, chez les uns et les autres, l'existence des mêmes couches dont le développement seul et la coloration varient.

Dans tous les cas, le microscope a fait voir une première couche de cellules colorées appliquées sur le derme; au-dessus d'elle se trouve une zone assez distincte renfermant des cellules qui commencent à se déformer et qui n'offrent plus qu'un léger reste de coloration; enfin vient l'épiderme, où les cellules s'aplatissent de plus en plus, adhèrent les unes aux autres et présentent à peine une trace du noyau des cellules primitives. Il est évident que celles-ci, nées à la surface du derme, ont été successivement repoussées par les nouvelles, et sont arrivées, après une déformation de plus en plus complète, à former cette couche extérieure et cornée qui constitue l'épiderme. Voilà en quoi sont identiques la peau du nègre et celle du blanc. J'arrive à ce qui est la cause même de leur aspect si différent.

Une première zone est formée, vous ai-je dit, des cellules les plus profondes, qui sont aussi les plus développées et les plus régulières. Or, dans ces cellules, le noyau central est entouré d'une matière colorante plus ou moins foncée et plus ou moins abondante. Chez le blanc, elles ne contiennent qu'un liquide jaunâtre à peine coloré, tandis que, chez le nègre, elles sont remplies d'une sécrétion foncée. C'est, dans les deux cas, un pigment dont la quantité diminue dans les cellules à mesure qu'elles se déforment et se dessèchent.

Voyons maintenant dans quelles limites respectives varie la coloration de la peau chez les hommes et dans les espèces animales.

L'homme présente, à ce point de vue, trois types fondamentaux : le blanc, le jaune et le noir. Or, il est des espèces animales qui les possèdent également. Parmi les oiseaux, il me suffit de vous citer la poule. Ainsi notre vieille race cauchoise a la peau blanche; les poules cochinchinoises ont la peau jaune; enfin il existe plusieurs races ayant la peau noire.

Cette espèce prête à diverses remarques. La coloration de la peau y présente donc les mêmes variations que chez l'homme, bien que les plumes soient un abri pour l'épiderme contre les actions extérieures. Toutefois elle est plus variable et plus marquée sur les parties habituellement nues, comme les pattes, à l'endroit où l'épiderme s'épaissit au point de former de véritables écailles. Elle y est tantôt noire, tantôt grise, tantôt ardoisée ou jaunâtre, etc.

Le mélanisme des poules est un fait très-important et sur lequel je reviendrai plus tard; mais, dès à présent, constatons qu'il se montre dans plusieurs races des mieux assises, et qu'il apparaît, pour ainsi dire, sous nos yeux. De plus, c'est un caractère qui, se transmettant par l'hérédité, donne lieu à la formation de plusieurs sous-races nègres. D'ailleurs, la couleur de la peau est indépendante de la couleur des plumes: ainsi la poule soyeuse et blanche du Japon a la peau noire. D'un autre côté, chez les poules nègres de la Martinique, de Java et de Suisse, le plumage est souvent noir.

Mais ce que présentent de plus essentiel toutes ces poules nègres, c'est que leur mélanisme ne s'arrête pas à l'épiderme. Il pénètre à l'intérieur, et atteint les grandes membranes, les gaînes des muscles, etc., tandis que jamais chez l'homme il n'est développé au même point.

Les mammifères présentent des phénomènes de coloration extérieure absolument analogues. Je vous citerai la race des caniches, une des plus tranchées, en ce que chez elle le poil est remplacé par une sorte de laine. Vous savez qu'on a l'habitude de tondre une partie du corps de ces animaux, et vous avez tous remarqué que la peau ainsi mise à nu est tantôt noire, tantôt d'un rose tendre. Chez les chiens, on trouve des individus avec des pelages très-divers et la peau noire; ce sont ceux que les chasseurs recherchent. On en rencontre aussi, bien que le fait soit plus rare, qui ont l'épiderme marqué de plaques blanches *et noires*.

Des faits semblables ont été fort anciennement observés chez le cheval, puisque Hérodote fait remarquer qu'il y a des chevaux blancs à peau noire et d'autres à peau blanche. Les premiers, dit-il, sont bons et robustes; les seconds, au contraire, sont faibles, mous et d'un mauvais service. *Ce fait* a été cependant nié récemment par un de mes confrères *à la* Société d'anthropologie, M. Sanson, avec qui j'ai le regret de ne pas être toujours d'accord. Il a prétendu que tous les chevaux avaient la peau noire. Bien que m'étant convaincu du contraire par mes propres yeux, j'ai préféré invoquer un témoignage qui eût plus de valeur que le mien. J'ai été heureux de rencontrer celui d'un homme intelligent, M. Lherbette, qui non-seulement a joué à une certaine époque un rôle politique des plus actifs, mais a été aussi un sportsman instruit, observant les chiens et les chevaux en homme qui cherche à se rendre compte des faits. M. Lherbette prit un jour la peine de confirmer dans une lettre et de préciser par des détails ces phénomènes de coloration que présente la peau, soit chez le chien, soit chez le cheval.

Il y a donc, à ce point de vue, chez les animaux, des variations de race à race au moins aussi considérables et parfois même plus marquées (*poules nègres*) que chez l'homme. Toutefois c'est ici, je vous le répète, que la différence est la moins sensible et que les variations du caractère humain se rapprochent le plus par leur étendue des variations du caractère animal.

Cela s'explique. La peau de l'homme est presque à nu, surtout chez les peuples sauvages; elle seule le sépare du monde extérieur, ou plutôt c'est l'épiderme qui résulte, comme je vous l'ai dit, de la dessiccation des cellules pigmentaires; il est

donc naturel que toute action extérieure s'exerce d'une manière spéciale et énergique sur cette enveloppe.

Ces influences du dehors ont encore bien des mystères, et nous ne pouvons avoir sur ce point la prétention de savoir toujours remonter des faits à leurs causes. Quoi qu'il en soit, les races rouges nous offrent un exemple frappant de leur action. La teinte qui les caractérise ne résulte pas d'une exagération du rose de la nôtre ; leur pigment a bien sa coloration spéciale. Or, ces populations se rencontrent non-seulement en Amérique, mais en Afrique, suivant une bande oblique qui partirait du haut Nil pour aboutir dans le voisinage du Sénégal, peut-être même au Gabon. On les rencontre encore à Formose, s'il faut en croire le témoignage bien significatif d'Anglo-Américains, c'est-à-dire de gens parfaitement à même de les comparer avec le type peau-rouge. La Corée en compte aussi un certain nombre, de même l'Abyssinie, et l'on rencontre jusqu'à Naples des individus présentant à un haut degré ce caractère. La coloration rouge n'est donc pas la caractéristique de quelque grande race bien définie. Ce n'est pas tout ; elle peut résulter immédiatement du croisement du Polynésien, du Maori, avec l'Anglo-Saxon, ainsi qu'il résulte de faits qui se sont passés sous les yeux de l'amiral Fitz-Roy.

La coloration noire étant plus tranchée encore, paraît aussi plus caractéristique. Cependant elle se retrouve chez des races très-différentes des races nègres. Il y a des Hindous et des Abyssins qui sont plus noirs que certains nègres rencontrés par Livingstone au cœur de l'Afrique.

A côté de ces populations, on pourrait peut-être placer ces *Maures noirs* dont M. Simonot nous apprend l'existence sur la rive droite du Sénégal. Tout chez eux, la musculature, les traits, les cheveux, se rapportent au type maure, tandis que leur peau est aussi noire que celle des tribus qui habitent la rive gauche. Cependant il convient de faire encore à leur sujet quelques réserves, car M. Simonot les regarde comme des *métis*. Dans tous les cas, la question est à examiner, et nous y reviendrons.

Enfin nous voyons la couleur, ou tout au moins la teinte, varier rapidement chez telles races ou chez tels individus placés dans des conditions particulières. Je vous ai déjà cité quelques exemples de transformations individuelles, sur lesquels j'aurai l'occasion de revenir en vous parlant de la formation des races.

Les recherches microscopiques expliquent à elles seules les faits que je viens d'énumérer. En effet, elles nous ont appris *que* toutes les races sans exception ont, pour produire la coloration, le même organe composé des mêmes éléments, une cellule qui sécrète plus ou moins de matière colorante. Il n'est pas surprenant dès lors que certaines actions puissent exalter, amoindrir ou modifier les fonctions de cet appareil commun, car il en est ainsi pour toutes les sécrétions possibles. Cette simple observation, faite par M. Pruner-bey, dans les discussions de la Société d'anthropologie, suffit pour résoudre toutes les difficultés de la question et rendre compte de tous les faits par analogie avec d'autres.

J'aurais encore, si le temps me le permettait, des détails nombreux et importants à vous signaler. Je vous ai parlé déjà des observations de MM. Simon et Flourens sur l'aréole du sein, dans laquelle on a retrouvé les caractères de la peau du nègre. M. Simon voit également des échantillons de cette peau dans les taches de rousseur et dans les grains de beauté. Or vous savez combien ces taches peuvent apparaître rapidement sur une peau blanche délicate, surtout chez les femmes. Le même observateur constate l'excitation de la coloration générale sous l'influence solaire, indépendamment du hâle. Aujourd'hui, d'ailleurs, que des recherches récentes ont montré et permis de mesurer les différences de puissance chimique qui existent entre les divers rayons solaires, on comprend que, sous leur empire, l'activité de la sécrétion dans les cellules puisse varier beaucoup.

En résumé, nous pouvons, dès à présent, tirer de ce rapide exposé des faits les conclusions suivantes :

Les variations de la couleur reflètent les influences auxquelles est soumise une sécrétion colorée qui se produit dans des cellules existant partout avec les mêmes caractères.

La coloration de la peau est le caractère qui, par l'étendue de ses variations, rappelle le plus ce qui a lieu chez l'animal. Toutefois, chez ce dernier, le mélanisme est encore plus accusé et plus profond que chez l'homme. Les mêmes teintes se retrouvent dans les races les plus différentes, chez les Aryans, les nègres et les Sémites, bien que la peau présente dans toutes, chez le nègre comme chez le blanc, une structure identique. Donc la couleur n'a pas l'importance qui lui est attribuée dans certains écrits, où elle figure comme caractère distinctif de plusieurs espèces humaines.

Les cheveux et les poils se rattachent immédiatement à la peau à titre d'annexes. Ils présentent des termes de comparaison faciles à apprécier, et méritent, par conséquent, de fixer notre attention. J'en parlerai d'abord au point de vue de la quantité.

Vous savez, pour prendre comme exemple l'espèce dont les races vous sont le plus familières, quelle toison abondante possèdent les chiens de Poméranie, des Pyrénées et les chiens-moutons. A côté se place, comme faisant contraste, le chien turc, absolument dépourvu de poil, sauf peut-être un dernier reste que tous ceux que j'ai observés moi-même en conservaient encore sur la tête. Or le chien turc ne forme pas une race spéciale, et l'on donne à tort le même nom à des individus qui présentent la même particularité, tout en appartenant à des races bien différentes. Il me suffit de vous dire qu'il existe des chiens nus au Pérou, au Paraguay, dans le golfe du Mexique, et, en Afrique, dans la Guinée. Moi-même j'ai vu un véritable lévrier aussi nu que les chiens turcs dont les expositions canines vous ont montré les échantillons les plus purs.

Les chevaux présentent des écarts analogues. Vous avez pu voir dans nos galeries combien la race cosaque est velue. D'un autre côté, Fitzinger et Godron assurent qu'on en trouve dans l'intérieur de l'Afrique qui sont complétement dépourvus de poils.

En Amérique, l'étude des bœufs offre un grand intérêt en ce que les faits se passent, pour ainsi dire, sous nos yeux. M. Roulin a découvert, au nord, sur les hautes montagnes, dans la région des graminées des Cordillères, une race de bœufs doués d'une toison des plus abondantes. A côté de ceux-là, il en cite qui vivent dans les plaines de Mariquita et de Neiba, qui sont à peu près nus : ce sont les *pelones*. Leur nombre augmente rapidement, car si les habitants du pays ne cherchent pas à favoriser leur propagation, du moins ils les laissent vivre. Au-dessous et à côté de cette race, il en existe une autre entièrement nue. Ce sont les *calongos*, que l'on tue impitoyablement, parce qu'ils sont trop faibles et

trop délicats pour supporter tout transport qui les obligerait à passer des plaines les plus basses aux plateaux un peu élevés.

Ainsi les descendants de nos bœufs européens présentent en Amérique, tantôt une exagération, tantôt une annihilation complète des caractères pileux.

Jamais, chez l'homme, on n'a signalé aucun de ces extrêmes. Il n'y a pas de race humaine dans laquelle les villosités de la tête, les cheveux, n'existent pas et ne soient même en abondance. Hérodote avait, il est vrai, transmis la croyance que dans l'Asie certains hommes naissaient et vivaient chauves. Mais on n'a pas tardé à connaître la cause de son erreur: les Asiatiques en question se rasaient simplement la tête, comme le font encore aujourd'hui les habitants des mêmes contrées.

Tout récemment les journaux ont parlé d'Australiens vivant en tribus, chez qui la calvitie serait naturelle et complète. Mais si, comme on le disait en même temps, ces hommes descendent réellement de naufragés chinois ayant, comme tous ceux de leur race, la chevelure fournie dont ce peuple est si fier, il semble qu'il y ait dans le fait signalé, soit quelque confusion, soit une grossière exagération; ou, ce qui serait plus curieux encore, la modification bien rapide d'un caractère de race.

Les poils de la face présentent, au point de vue de la quantité, des différences bien plus grandes. Mais, dans les temps passés comme dans les temps modernes, l'absence de barbe a été l'objet de quelques exagérations.

Ammien Marcellin dit, à propos des Huns : « *Senescunt imberbes absque ulla venustate.* » Jornandès qualifie Attila de « *rarus barba.* » Enfin plusieurs voyageurs parlent de rareté des poils sur tout le corps chez certaines peuplades. Leur témoignage n'a rien de surprenant, car Pallas nous apprend que chez les Kalmouks, les mères arrachent sur le corps de leurs enfants toutes les villosités à mesure qu'elles y apparaissent naturellement. Les races américaines indigènes ont donné lieu aux discussions les plus vives à propos de l'existence ou de l'absence de la barbe. Les plus anciens voyageurs affirment qu'elles en sont dépourvues et veulent que ce soit un caractère d'infériorité. Humboldt proteste énergiquement. Il a vu non-seulement des Américains, mais des nègres du Congo doués d'énergie et de forces athlétiques, bien qu'ils fussent peu velus. Les derniers voyageurs nous disent que les Américains ont la barbe rare, comme il arrive chez les Mongols. S'ils en paraissent parfois dépourvus, cela s'explique par l'épilation attentive à laquelle on a constaté qu'ils se livraient pendant leur jeunesse. Quand l'âge arrive, tout sentiment de coquetterie disparaissant chez eux, ils négligent cette pratique; on voit alors la barbe reparaître, souvent aussi fournie que celle de bien des Européens. Humboldt a vu des Indiens à moustaches espagnoles; et à Carripe, au milieu d'une mission de capucins, il a remarqué des marguilliers indigènes aussi barbus que les moines eux-mêmes, bien qu'il n'y eût pas eu mélange de races.

L'illustre voyageur rapporte encore que Galiano a vu de la barbe à des vieillards patagons. Enfin l'abbé Brasseur de Bourbourg, qui a pendant longtemps tenu une cure dans l'Amérique centrale, compare ses paroissiens, sous tous les rapports et en particulier pour la barbe, aux Arabes, qui l'ont, non point fournie, mais cependant très-marquée.

Dans certaines races humaines, chez les nègres d'Afrique par exemple, le corps est dépourvu de poils, tandis que les villosités sont au contraire fort abondantes chez certains Mélanaisiens. Mais chez les Africains eux-mêmes des villosités existent au pubis et sous les aisselles.

Voilà quelles sont, chez l'homme, les limites extrêmes se rapportant à la pauvreté du système pileux. Il existe, d'un autre côté, une race asiatique fort curieuse, parce qu'elle se trouve très-velue au milieu de populations glabres. Ce sont les Aïnos, qui habitent aujourd'hui une partie des îles septentrionales de l'archipel du Japon. A la fin du siècle dernier, ils occupaient encore toute l'île de Sagalien, mais ils sont de plus en plus envahis par les Kalmouks. Autrefois ils étaient répandus sur une aire bien plus étendue, et l'on reconnaît des traces de leur sang au milieu de vastes populations. Les Aïnos se retrouvent dans les anciennes traditions chinoises avec le nom de *barbares velus*. Ce sont les pithécomorphes de Rienzi. Ils ont été l'objet de bien des exagérations. En réalité, ils sont généralement aussi velus que peuvent l'être exceptionnellement certains Français, et ont la barbe qui remonte jusqu'à la saillie des pommettes.

En résumé, jamais chez l'homme on ne rencontre une disparition des villosités qui puisse être comparée à la nudité des chiens turcs et des bœufs calongos. Elles se retrouvent toujours aux parties déterminées. D'un autre côté, jamais ce caractère n'atteint non plus l'exagération à laquelle il arrive dans plusieurs races de chiens et de bœufs, par exemple.

Pour plus de précision, on peut chercher le rapport de longueur entre la toison de certains moutons et les cheveux humains. Les moutons, qui, dans quelques pays chauds, ont les poils presque ras, portent en Abyssinie une toison qui, suivant M. Rochet, atteint 75 centimètres de longueur. Chez le nègre les cheveux n'ont guère plus de 15 à 20 centimètres. Pour une blanche, des cheveux longs de 75 centimètres sont déjà fort beaux; c'est une rare exception s'ils dépassent un mètre, bien que je puisse citer l'exemple d'une dame dont la chevelure mesurait $1^{m},20$. Ainsi, en prenant comme moyenne de longueur chez les races européennes 70 ou 75 centimètres, je crois reculer encore notablement la limite, et le rapport entre ce chiffre et celui que fournissent les races nègres est cependant loin d'atteindre celui qui résulte de la comparaison des races de moutons.

Quant à la couleur des poils, je n'ai pas besoin de vous dire qu'elle varie du blanc au noir chez le cheval, le bœuf, la chèvre, le mouton, etc. Rien de tel ne s'observe chez l'homme: il n'a jamais normalement les cheveux et les poils blancs. L'albinisme, bien qu'il puisse se transmettre héréditairement, est avant tout un cas tératologique.

Enfin le mélange des teintes présente, chez les animaux, des dispositions en nombre presque illimité: tantôt la coloration est uniforme; bien souvent les degrés extrêmes sont associés, et alors apparaissent les plaques, les taches, les bandes, les zébrures, etc. L'homme n'offre rien de semblable. Les cheveux et les poils ont chez lui une teinte toujours uniforme, sauf de très-rares exceptions, toujours peu marquées. Ainsi, sur ce point encore, les races animales sont sujettes à des variations plus étendues que les races humaines.

J'ai un mot à dire, en dernier lieu, de la structure des villosités et du remplacement des unes par les autres.

Les animaux ont encore l'avantage sur nous à ce nouveau point de vue. Ils ont, comme vous savez, deux sortes de poils: la laine et les soies ou la jarre, et cette distinction, pour avoir

été exagérée par Pritchard, n'en est pas moins très-réelle. La laine répond en quelque façon au duvet des oiseaux et la jarre aux plumes. Ces deux sortes de poils offrent d'ailleurs des différences de structure considérables : la laine est pour ainsi dire crénelée, elle présente toujours des anfractuosités plus ou moins accusées qui en facilitent le tissage ; les soies sont plus lisses.

L'homme a aussi ce qu'on appelle les poils follets à côté des véritables poils et des cheveux. Ces poils follets précèdent la barbe sur le visage et tombent lorsqu'elle apparaît ; mais il est d'autres parties du corps qui les conservent. Ils rappellent les poils de certains chiroptères ou des rongeurs, et les crénelures qu'ils présentent sont peut-être plus exagérées encore que celles de la laine des mérinos anglais. On peut donc dire qu'ils représentent jusqu'à un certain point, chez l'homme, la laine des animaux. Quant aux véritables poils et aux cheveux, ils répondent à ces soies, à cette jarre dont nous avons parlé. Ils sont lisses ou à peine striés transversalement.

Remarquez seulement que, chez un grand nombre de races domestiques, la laine remplace complétement la jarre. Or la substitution du poil follet aux véritables poils n'a jamais lieu chez l'homme.

En résumé, qu'on envisage les villosités au point de vue de leur quantité, de leur développement, de leur coloration ou de leur structure, on trouve toujours, dans les races animales, et d'autant mieux que les investigations deviennent plus précises, des exemples de variations bien plus grandes que chez l'homme.

Nous aborderons, dans notre prochaine leçon, toujours au point de vue de leur étendue comparée, l'étude des variations que présentent chez les animaux et chez l'homme, non plus les caractères extérieurs, mais les caractères physiologiques et anatomiques.

ARM. ANGLIVIEL.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

LECTURES DU VENDREDI SOIR.

M. A. VERNON HARCOURT
(de la Société royale de Londres).

Vitesse avec laquelle ont lieu les actions chimiques.

La chimie peut être définie, la science dont le but est d'étudier les relations que les différentes espèces de matières ont les unes avec les autres.

La chimie suppose essentiellement la conception de différentes espèces de matières dont chacune possède son caractère particulier, sa couleur, sa forme cristalline, sa dureté, son éclat ou l'inverse, son pouvoir conducteur, sa chaleur spécifique, sa densité spécifique, et plusieurs autres particularités, dont chacune est semblable à elle-même, et dont les plus petites parties ont les mêmes propriétés que l'ensemble.

Pour le chimiste, le monde est un mélange de ces différentes espèces de matières dont le mode d'agrégation a été déterminé par des forces physiques qui n'appartiennent point à cette science, mais dont les différences et les ressemblances, dont les changements, quand les milieux changent ou sous l'action du contact, forment le sujet de la chimie.

Dans l'étude de tout changement chimique, il y a à découvrir deux choses : d'abord le résultat du changement, quelle espèce de matière a cessé d'exister, quelle espèce nouvelle a été formée, ensuite les changements en eux-mêmes. Dans ce second ordre d'idées, on se pose les questions suivantes : Avec quelle vitesse les changements ont-ils lieu, et à quelles conditions ? Sont-ils simples ou se composent-ils de changements successifs ? Sont-ils dépendants ou indépendants, successifs ou simultanés ? On peut encore se proposer de résoudre d'autres questions plus hypothétiques de leur nature, telles que la nature moléculaire des changements qui ont lieu. On peut trouver un exemple de cette double nature des recherches chimiques dans le cas du fer, changement chimique qui a été plus complétement observé que les autres. Nous savons tout ce que l'on peut connaître du résultat du changement, quand nous avons découvert que les charbons sont un mélange d'hydrocarbures avec une petite quantité de sels métalliques, que l'air est un mélange d'oxygène et d'azote, et que, quand le feu a brûlé, on a, au lieu du charbon et de l'air, une certaine quantité d'acide carbonique et d'eau. Quant aux sels qui constituent les cendres, ils sont restés ce qu'ils étaient. Mais il y a encore beaucoup à découvrir quant au phénomène de la combustion.

On peut se demander, par exemple, de quelle manière la vitesse de la combustion est affectée par la sécheresse ou par la densité de l'air, ou par la division du combustible en morceaux, ou par l'action des rayons du soleil ? Quelles sont les substances formées par le charbon qui brûle ? Si la réduction des produits de la combustion par le charbon joue un rôle important dans le phénomène, etc. ? Toutes ces questions ont trait à la manière dont se produisent les changements chimiques.

Les deux routes ont été parcourues avec une égale vigueur. L'étude des résultats de l'action chimique a concentré l'attention des chimistes à l'exclusion presque entière de la manière dont elles se produisent. Du reste, le nombre des différentes espèces de matières, toutes capables d'éprouver une multitude de changements par l'action de la chaleur et de l'électricité, ou même par le simple contact, est si grand, que cette partie de la science paraît être tout à fait sans limites. On peut mettre en parallèle la direction que la chimie a prise en conséquence de cette surabondance d'actions, et celle qui a été suivie par les sciences physiques. Si le nombre des forces physiques distinctes que nous rencontrons dans la nature, telles que la gravité, le magnétisme, la chaleur et l'électricité, avait été nombreux au lieu d'être très-restreint ; si l'on avait vu que ces forces sont susceptibles d'être converties en une multitude d'autres par une multitude de procédés différents, les expérimentateurs se seraient préoccupés exclusivement d'établir ces transformations et de créer de nouvelles forces, au lieu d'établir minutieusement, comme ils l'ont fait, les conditions qui président à la production des forces existantes et des lois qui gouvernent leur distribution aussi bien que leur transformation.

Ce n'est pas seulement l'étendue du champ à exploiter et la satisfaction particulière qu'un résultat aussi solide donne à l'inventeur qui ont conduit à négliger l'étude des changements chimiques. Cette étude est environnée de difficultés particulières, et réellement, dans le grand nombre des changements chimiques dont les résultats sont connus, il y en a peu qui puissent être facilement observés. La principale raison est la

rapidité avec laquelle ils ont lieu, et cette rapidité est généralement très-grande dans le cas des actions simples qu'il serait très-facile d'observer. Ou bien nous devons chercher des procédés pour étudier une rapidité très-grande, comme lorsqu'il s'agit de la vitesse de la lumière et de l'électricité, ou bien nous devons choisir un changement — ce qui est possible avec la grande variété des matières dont la chimie s'occupe — qui ait lieu avec une lenteur assez grande pour que l'observation puisse s'effectuer.

Comme exemple de la différence de rapidité des changements chimiques, on peut citer la précipitation d'un sel de baryum ou de calcium de sa solution à l'aide d'un sulfate. Avec le sel de baryum, le changement est presque instantané ; le résultat est connu, mais on ne peut observer sa production. Avec le sel de calcium, on pourrait déterminer la rapidité, suivant la température et la quantité des deux sels mis en présence.

La décomposition d'un hyposulfite par une solution acide est un autre exemple d'une solution graduelle observable.

Nous pouvons aussi comparer la réduction d'un chromate par un sulfite et un oxalate. La première ne demande aucun temps appréciable. Elle est certainement plus grande dans une solution plus diluée et a une température plus basse, mais il est impossible de saisir la différence. Mais avec un oxalate comme agent de réduction, l'action dure un temps assez long, et rien n'empêcherait d'étudier la manière dont elle est affectée par les circonstances.

Mais, pour découvrir les lois qui gouvernent la rapidité d'un changement chimique quelconque, il faut avoir un mode exact de mesure. Il nous reste à voir comment on peut y parvenir dans certains cas.

Une solution d'azotate d'ammoniaque chauffée à 80 degrés centigrades donne une quantité d'azote qui peut être recueillie sur la cuve à mercure.

En entretenant une température constante et en recueillant le gaz dégagé pendant des intervalles de temps égaux dans des cylindres de même dimension, il est possible de mettre en évidence la diminution de la quantité de gaz produite par la diminution de la quantité de sel. En faisant des expériences et en mesurant avec soin la quantité de gaz, il serait possible de découvrir la relation entre ces deux éléments. Si l'on faisait des expériences à différentes températures, on arriverait encore à étudier l'action de la chaleur.

La réduction d'un permanganate par un oxalate dans une solution acide fournit un autre exemple d'un changement graduel qu'il est également possible de suivre. On met la loi en évidence en ajoutant une quantité déterminée de sel et en agitant rapidement. On peut arrêter l'action instantanément en ajoutant un iodure, et la quantité d'iode précipitée correspond à la quantité de permanganate qui se trouvait encore dans la liqueur. On peut faire des expériences qui ne diffèrent que par le temps pendant lequel on a laissé l'oxalate se brûler sous l'action du permanganate. J'ai donné les résultats de ces recherches dans les *Transactions philosophiques* pour 1866, page 266. Le résultat général est qu'à toute époque, le changement est directement proportionnel à la quantité de permanganate contenue dans la solution.

Le dernier changement étudié à ce point de vue est celui qui a lieu lorsque des solutions diluées d'un iodure et d'un bioxyde, tel que celui de baryum ou de sodium, se trouvent mélangées. En faisant varier convenablement l'acidité et la température, on peut accélérer ou retarder à loisir l'expérience de manière à permettre des mesures. Un des produits de la réaction est l'iode, substance dont l'amidon est un réactif de la plus grande sensibilité.

En ajoutant une petite quantité de liqueur titrée d'hyposulfite, on reconvertit en iodure tout l'iode qui a été précipité à la suite de la réaction, et ce phénomène continue jusqu'à ce que tout l'hyposulfite ait été changé en tétrathionate. Aussitôt que la dernière molécule d'hyposulfite a été transformée, on voit reparaître la teinte bleue de l'iode, mise à nu par l'action du bioxyde. En ajoutant successivement de petites quantités d'hyposulfite et en notant les intervalles qui s'écoulent entre les apparitions successives de la couleur bleue de l'iodure, on arrive à mesurer la vitesse avec laquelle a lieu la réaction.

Un compte rendu de ces expériences a paru dans les *Transactions philosophiques* de 1867, page 117. Chaque série d'observations détermine la vitesse avec laquelle le bioxyde est réduit par l'iodure dans certaines circonstances, que l'on fait varier d'une manière systématique. C'est ainsi que nous sommes arrivé à établir les propositions suivantes dans tous les cas où nous avons pu suivre les réactions chimiques :

1° La vitesse des réactions est constante dans des conditions déterminées, et ne dépend pas du temps qui s'est écoulé depuis que les substances sont en présence.

2° Quand une substance subit une action dans un milieu où rien ne change, si ce n'est sa masse, le moteur de la réaction est directement proportionnel à la quantité de la substance que le milieu renferme.

3° Quand deux ou plusieurs substances réagissent, la vitesse des réactions est proportionnelle à la quantité des substances mises en présence.

4° Quand la vitesse de la réaction est affectée par la présence d'une substance qui n'y prend aucunement part, le retard ou l'accélération qui en résultent sont proportionnels à la quantité de la substance.

5° La température de la solution accélère la réaction de telle manière que, pour chaque degré additionnel, la vitesse doit être multipliée par un facteur constant.

A. VERNON HARCOURT,
Secrétaire de la Société chimique de Londres

— Traduit de l'anglais par W. DE FONVIELLE. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Éclipse de soleil du 18 août. — Trois grandes expéditions scientifiques avaient été envoyées dans l'Inde pour y observer cette éclipse, la plus importante du siècle. L'expédition anglaise, la plus nombreuse des trois, organisée par la Société royale de Londres et l'observatoire de Greenwich, a envoyé des dépêches télégraphiques, cette semaine, à l'Association britannique pour l'avancement des sciences, en ce moment en session à Norwich. Il paraît que quelques nuages ont gêné ses observations. Des deux expéditions françaises, celle qui a été organisée par l'observatoire de Paris n'a pas encore donné de ses nouvelles. On a reçu, au contraire, une dépêche télégraphique de M. Janssens, chargé par le bureau des longitudes d'observations d'analyse spectrale et de physique du globe. M. Janssens annonce que le spectre des protubérances rosacées lui a présenté des particularités inattendues, et démontre la nature gazeuse de ces corps.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 40 5 SEPTEMBRE 1868

ASSOCIATION BRITANNIQUE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES.

SESSION DE NORWICH.

M. D. HOOKER
(de la Société royale de Londres et de l'Institut de France).

Discours d'ouverture.

SOMMAIRE. — Le conseil de l'Association britannique. — Le discours du président. — L'anthropologie préhistorique. — Recherches historiques et ethnologiques du gouvernement de l'Inde sur les indigènes du pays. — Les Khasiens, un peuple à monuments mégalithiques dans l'Inde anglaise; rapprochement avec les monuments druidiques de l'Europe occidentale. — Les collections d'histoire naturelle du *British Museum*. — Les musées provinciaux d'Angleterre; comment il faudrait les réorganiser pour l'instruction publique; dispositions matérielles. — Le musée du Collége royal des chirurgiens de Londres. — Progrès de la botanique fossile depuis dix ans. — Les calamites du terrain houiller. — Plantes fossiles tertiaires. — Incertitude des déterminations de plantes fossiles. — Flore des terrains miocène et pliocène. — Fécondation des plantes : orchidées, primevère, *chanvre, etc.*; *mémoires* de Darwin. — Mouvements des plantes grimpantes, Darwin. — Circulation de la séve et formation du bois, Herbert Spencer. — *Les animaux et les plantes à l'état de domesticité*, le dernier ouvrage de Darwin. — La pangenèse, théorie de la reproduction et de l'hérédité. — Les doctrines de Darwin, controverses qu'elles suscitent, leurs progrès. — L'archéologie et l'anthropologie antéhistoriques. — Les rapports de la religion et de la science.

Mylords, Mesdames, Messieurs,

Il y aura demain trente ans que j'ai assisté pour la première fois à une réunion de l'Association Britannique; c'était à la réunion de Newcastle qui commença le 21 août 1838. Le conseil de l'Association se décida alors à recommander au gouvernement l'envoi d'une expédition dans les régions antarctiques sous le commandement du capitaine James Ross, et ce fut de Newcastle que j'écrivis à mes amis pour leur annoncer ma ferme résolution d'accompagner cette expédition, quelle que fût d'ailleurs la position qu'on voudrait m'accorder dans l'état-major. C'est ainsi que commença ma carrière scientifique, et c'est à cette expédition, un des premiers résultats des travaux de l'Association Britannique, que je dois l'honneur de vous présider. Si j'éprouve un certain sentiment d'orgueil en me reportant à ces années où je contribuai, quelque infimes qu'aient été mes travaux, à la découverte du continent antarctique, du pôle magnétique sud, de la barrière polaire et des volcans entourés de glace de la terre de Victoria, j'éprouve aussi des sentiments bien différents.

Les statisticiens nous disent que trente années représentent la durée moyenne de la vie humaine. Ai-je besoin d'ajouter que si nous consultons les archives de cette Association, la vie humaine est bien plus courte, car sur les quatorze membres qui dirigeaient l'Association en 1838, deux seulement vivent encore : votre ancien président, votre adhérent dévoué, Sir Roderick Murchison, qui, en 1838, prononçait le discours d'ouverture, et qui, malheureusement, est trop souffrant aujourd'hui pour assister à notre réunion, et votre fidèle secrétaire, le professeur Phillips, que je félicite de sa présence au milieu de nous. Si je me reporte de nouveau à trente ans de distance, je découvre dans nos archives qu'alors le poste de président était bien enviable, car c'était le trésorier, le secrétaire ou quelque autre membre du conseil qui se chargeait du discours d'ouverture, les discours prononcés par le président ne datant que de la réunion qui a suivi celle de Newcastle. Ce discours, dans ces dernières années, est devenu sinon le seul, tout au moins le principal devoir de votre président. Pour vous aussi bien que pour moi, je désirerais qu'il en fût autrement, et parce qu'il y a parmi les membres du conseil bien des hommes plus compétents que moi, et parce que je suis persuadé que la responsabilité qu'entraîne la préparation de ce discours écarte de la présidence bien des savants qui en sont dignes. On croit généralement que ce discours doit être, soit un tour de force scientifique, philosophique ou populaire, soit un résumé des progrès de la science. Ce devoir, considéré à ce point de vue, m'a fort embarrassé, inhabile que je suis à le remplir.

Différentes fois, pendant ces six derniers mois, cédant aux désirs de mes amis qui s'occupent de botanique, j'ai pensé à discuter les phénomènes du règne végétal dans leurs relations avec les sciences voisines, ou à esquisser l'origine et les progrès de la botanique pendant notre siècle; mais entraîné par mes devoirs officiels, j'ai dû bien vite renoncer à ces essais. De semblables sujets exigent beaucoup de recherches, une grande application et, par-dessus tout, de nombreux loisirs pendant lesquels l'esprit tout entier puisse se concentrer, et sur les matières que l'on désire traiter, et sur la manière de les traiter. Ces loisirs me sont refusés, obligé que je suis, comme administrateur d'un établissement public, d'entretenir une correspondance incessante avec les différents ministères et avec les établissements botaniques du monde entier. Ce n'est pas, d'ailleurs, pour moi seul que je réclame votre indulgence, car il y a dans ce meeting bien des savants occupant des positions officielles, qui ont accepté la présidence de différentes sections, mais qui, en quittant leurs postes pour obéir à vos ordres, traînent après eux une correspondance effrayante et sacrifient la plus grande partie des vacances que l'État accorde à ses serviteurs. Après tout, ce ne sont pas des phrases, ce sont des actions que nous leur demandons, et je suis heureux de voir nos sections présidées par des hommes qui ont gagné leurs éperons dans les différentes parties de la science, qui les porteront, ces éperons, jusque sur leur fauteuil présidentiel, et qui sauront s'en servir si besoin est. Quant à moi, je me propose de vous faire

quelques remarques sur les objets qui ont appelé l'attention de votre conseil au meeting de Dundee; puis de vous retracer à grands traits les progrès de la botanique pendant ces dernières années, ce qui me conduira infailliblement à vous parler de la théorie de Darwin ; enfin, je vous dirai quelques mots d'une science encore dans l'enfance, les recherches antéhistoriques sur l'humanité, sujet qui formera un trait particulier de la réunion de Norwich. Si en m'écoutant vous éprouvez quelque désappointement, je me consolerai par la pensée que je prépare semblable chute pour quelque futur président, qui, ainsi que moi, plein de bonne volonté, n'aura cependant pas le temps nécessaire pour préparer un discours qui réponde à votre attente. Toutefois, avant de commencer, je ne puis passer sous silence un fait que n'auront pas manqué de remarquer tous ceux qui assistent ordinairement à nos réunions annuelles, c'est l'absence, causée par un grave accident, du plus ancien de nos présidents. Les géologues comprendront à qui je fais allusion en parlant de ce rocher de science que ni l'âge ni l'ardeur des controverses scientifiques n'ont pu métamorphoser, un homme dont Norwich et l'Association Britannique sont justement fiers, notre père, Sedgwick.

Mon premier devoir comme président, et c'est un devoir fort agréable, est de vous présenter les membres du Congrès international d'archéologie antéhistorique, qui, sous la présidence de sir John Lubbock, un des maîtres de cette science, ouvrira demain sa troisième session dans cette ville. Les recherches qui absorbent particulièrement l'attention du Congrès sont peut-être les plus attrayantes qui aient jamais occupé l'esprit humain ; ces recherches, aujourd'hui soumises aux méthodes scientifiques, sont bien dignes de toute la sympathie et de tous les encouragements que nous pouvons leur donner. Il y a d'ailleurs un moyen bien simple de prouver au Congrès notre bonne volonté et de lui donner un appui efficace, c'est de nous faire inscrire au nombre de ses membres et d'assister autant que possible à ses séances.

Un autre sujet dont j'ai à vous entretenir officiellement n'intéressera pas moins les membres du Congrès que nous-mêmes, je veux parler des travaux d'une commission nommée par votre conseil pour appeler l'attention du ministre des Indes sur « la grande importance qu'il y aurait à prendre des mesures actives pour obtenir des renseignements précis sur l'état physique, les mœurs et les coutumes des populations indigènes de l'Inde, et surtout sur celles de ces tribus qui ont encore l'habitude d'élever des monuments mégalithiques. » Après avoir étudié le sujet, la commission a été d'avis qu'il valait mieux appeler d'abord l'attention du ministre sur ces dernières tribus seulement, parce que l'étude tout entière était trop vaste, et que le gouvernement indien fait d'ailleurs de grands efforts pour se procurer des photographies des indigènes, et recueille avec soin l'histoire et les traditions des différentes tribus. Ces efforts du gouvernement de l'Inde, quant à ce qui regarde les photographies, sont pleinement couronnés de succès, et c'est ce qui fait regretter d'autant plus que le texte qui accompagne ces photographies, texte publié en Angleterre et heureusement sous le voile de l'anonyme, fasse si peu d'honneur, pour ne pas dire plus, à cette publication. J'ai appris que des mesures avaient été prises pour obvier à cet inconvénient, et que désormais la partie scientifique et littéraire serait confiée au colonel Meadows Taylor, l'homme certainement le plus compétent pour mener à bien ce travail. Beaucoup de personnes seront sans doute bien étonnées d'apprendre qu'à une distance de 300 milles de la capitale de l'Inde anglaise, il existe une tribu de demi-sauvages qui érigent habituellement des dolmens, des menhirs, des cystes et des cromlechs presque aussi gigantesques dans leurs proportions et ressemblant beaucoup par leur aspect et leur construction à ce qu'on a nommé *les* monuments druidiques de l'Europe occidentale ; et ce *qu'il* y a de plus curieux encore, c'est que, bien que ces monuments aient été décrits et dessinés il y a près de vingt-cinq ans par le colonel Yule, l'éminent géographe oriental, à peine, sauf dans l'ouvrage de Sir John Lubbock (*L'homme avant l'histoire*), y est-il fait allusion dans les livres modernes sur les monuments antéhistoriques. Dans l'*Asiatic Journal* du Bengale (1844), vous trouverez la description que fait le colonel Yule du peuple de Khasia. Ce peuple habite le Bengale oriental : c'est une race indo-chinoise, qui élève des bestiaux, mais qui ne boit pas de lait, qui estime les distances parcourues par la quantité de bouchées de bétel mâchées en route, et chez lequel le lien matrimonial est si relâché, que le fils ne connaît pas son père, et que c'est le fils de la sœur qui hérite du rang et de la fortune. Le docteur Thomson et moi nous avons vécu quelques mois chez les Khasiens, il y a maintenant dix-huit ans, et nous pouvons affirmer que toutes les remarques du colonel Yule sont vraies. Des collines, qui s'élèvent à quelques 4000 ou 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer, sont surmontées çà et là de groupes d'immenses piliers équarris mais non polis et de pierres-tables soutenues par trois ou quatre supports grossiers. Dans un endroit nous avons découvert, enterré dans le sable, un cercle presque complet de *menhirs* : le plus haut s'élevait à trente pieds au-dessus du sol, il avait six pieds de large et deux pieds et demi d'épaisseur; devant chacun de ces menhirs se trouvait un dolmen ou un cromlech ayant des proportions aussi gigantesques. Le morceau le plus grand mesuré jusqu'aujourd'hui a 32 pieds de haut, 15 pieds de large et 2 pieds d'épaisseur. Nous en avons vu plusieurs, élevés tout récemment, et l'on nous a dit qu'on en érigeait chaque année, mais pas pendant la saison des pluies, que nous avons passée dans ce pays. Pour se procurer ces immenses pierres, les Khasiens emploient les moyens suivants : ils font des entailles dans le rocher et allument des feux sur ces entailles; quand le rocher est échauffé, ils versent de l'eau froide sur les entailles, ce qui fait éclater le rocher dans la direction qu'ils leur ont donnée ; des leviers et des cordes sont les seuls moyens mécaniques qu'ils emploient pour transporter et élever ces blocs. Une sépulture, la commémoration d'un événement important, etc., sont les motifs pour lesquels ils érigent ces pierres. Un fait curieux à remarquer, c'est que, dans la langue khasienne, le nom d'une pierre est *man*, et que ce mot se représente aussi fréquemment dans le nom de leurs villages que le mot *man*, *maen* et *men* dans le nom des villages de Bretagne, du pays de Galles et de la Cornouailles, etc. Ainsi *Mansmai* signifie en khasien la pierre du serment ; *Mamloo*, la pierre de sel ; *Manflong*, la pierre de l'herbe; de même que, dans le pays de Galles, *Penmaen mawr* signifie la colline de la grosse pierre, et qu'en Bretagne un *menhyr* est une pierre debout, et un *dolmen* une pierre en forme de table, etc. A l'époque où le colonel Yule visita ce peuple et à l'époque où je le visitai aussi, nos rapports avec lui étaient très-limités et pas toujours amicaux ; nous ignorions leur langue, et, quant à eux, ils étaient loin

d'être communicatifs. Dernièrement cependant, les rapports avec les Khasiens sont devenus plus fréquents ; un cantonnement anglais est établi au milieu de leur pays : il est donc d'autant plus important qu'on s'occupe dans le plus bref délai de connaître leur origine, leur langage, leurs croyances, leurs coutumes, etc. Ceci, grâce à vos représentations, est une affaire décidée, et je n'ai pas le moindre doute que ces recherches ne jettent une grande lumière sur cette partie si obscure et si importante de l'archéologie antéhistorique, les monuments mégalithiques de l'Europe occidentale.

Le conseil de l'Association, sur la proposition de la section de biologie, a nommé une commission pour lui faire un rapport sur l'administration des collections d'histoire naturelle du *British Museum*. A la suite de ce rapport, le conseil a envoyé une députation au premier ministre pour lui représenter qu'il était désirable que ces collections fussent placées sous le contrôle d'un administrateur directement responsable ; presque tous les naturalistes anglais partagent cette opinion. Les principaux motifs sur lesquels est fondée le rapport de la commission, c'est qu'il n'y a aucune raison pour que les collections nationales d'histoire naturelle ne soient pas administrées de la même façon que les jardins de Kew, le Musée de géologie pratique et l'Observatoire royal de Greenwich ; en outre, l'interposition d'un conseil, quel qu'il soit, entre l'administrateur des collections et le gouvernement, tend à affaiblir la responsabilité du directeur et le contrôle efficace du ministre. Ce n'est pas, d'ailleurs, la première fois que l'attention du gouvernement et du même ministre a été appelée sur ce sujet, car il y a dix ans que plusieurs naturalistes, MM. Bentham, Bush, Darwin, Huxley, le docteur Carpenter et moi-même, accompagnés des professeurs Lindley, Henslow, Harvey et Henfrey, décédés depuis ce temps, ont présenté à M. Disraeli, ministre alors comme aujourd'hui, un mémoire tendant absolument aux mêmes conclusions et détaillant en outre un projet pour l'administration de toutes les collections botaniques et géologiques de Londres. Je puis ajouter encore que, depuis dix ans, les savants qui ont fait cette démarche n'ont pas changé d'opinion. M. Andrew Murray, dans une communication (*Transactions des sections* en 1867, p. 95) faite à la section de biologie, à Dundee, a indiqué les défauts les plus graves du mode d'administration actuel. Je désire ajouter quelques observations à celles de M. Murray : bien que les collections de zoologie du *British Museum* soient les plus belles du monde, bien que les collections de géologie et de paléontologie aient une étendue et une valeur prodigieuses, sur les quarante-cinq administrateurs du *British Museum*, il n'y en a que trois qui s'occupent des sciences que ces collections représentent ; depuis la mort de sir Joseph Banks, il y a près de cinquante ans, aucun botaniste n'a été nommé administrateur, quoique l'Herbarium de Banks et la bibliothèque botanique fussent alors les plus beaux de l'Europe, et qu'ils aient été donnés par leur possesseur à la nation ; enfin les intérêts de la botanique ont grandement périclité par suite de la négligence des administrateurs.

Bien que l'on ait beaucoup écrit sur les musées, le sujet est, je crois, loin d'être épuisé ; car si l'on considère l'état actuel de l'éducation dans ce pays, ils me paraissent encore être le seul moyen d'enseigner aux jeunes gens les éléments de la zoologie et de la physiologie. Je dis dans l'état actuel de l'éducation, parce que je crois qu'il se passera encore bien des années avant que maîtres ou maîtresses de pension soient capables d'enseigner ces sciences, et un nombre d'années bien plus considérable encore avant que les colléges ou les pensions possèdent les spécimens essentiels aux cours du professeur (1).

Pour m'en tenir aux musées provinciaux et locaux, et à ce qu'il leur faut strictement pour l'enseignement, chacun d'eux devrait contenir une série de spécimens représentant les principales divisions du règne animal et du règne végétal ; ces spécimens devraient être disposés dans des vitrines bien éclairées, de façon que l'élève pût se rendre facilement compte des principes de la classification des animaux et des plantes, des relations de leurs organes entre eux et avec leurs variétés, des fonctions de ces organes, et de tous les autres points particuliers à leurs habitudes, leurs usages et leur place dans l'économie de la nature. Aucun musée, que je sache, n'est ainsi disposé. On a essayé cependant à Ipswich, et l'on a en partie atteint le but que j'indique. Cet arrangement nécessite un espace assez considérable, beaucoup de dessins, des vues agrandies des plus petits organes et de leur structure, et de nombreuses affiches descriptives ; il ne devrait pas en contenir un spécimen de plus qu'il n'est absolument nécessaire. Le musée de province devrait en outre contenir une collection complète des plantes et des animaux de la province, mais absolument séparé des séries destinées à l'éducation et de toute autre chose. Le conservateur du musée devrait pouvoir faire, sur cette série destinée à l'enseignement, des démonstrations élémentaires (pas des conférences) aux enfants des écoles et à tous ceux qui voudraient y assister ; chacun des auditeurs payerait une somme minime qui serait destinée à subvenir aux frais du musée. Il faudrait aussi que le musée, moyennant un certain prix, fût à la disposition de tous ceux qui voudraient y faire des conférences. Si un semblable musée existait à Norwich, je suis sûr qu'il n'y a pas dans cette ville un seul maître de pension intelligent qui ne voulût faire profiter ses élèves des leçons du conservateur, et qu'il n'y a pas un seul parent qui, dans ce but, ne donnât chaque année quelques schellings avec plaisir. Vous êtes fiers de posséder une magnifique collection d'oiseaux de proie ! quelle n'en serait pas la valeur si elle était disposée de façon à démontrer la nature, les habitudes et les affinités des *Raptores*. Que faut-il pour cela ? Exposer un squelette ; la dissection des organes d'un faucon et d'un hibou, et les disposer, les étiqueter de telle façon que le moindre écolier puisse comprendre la structure de leur bec, de leurs pattes, de leurs ailes, de leurs plumes, de leurs os et de leurs organes intérieurs, pour qu'il puisse comprendre pourquoi les faucons et les hiboux surpassent tous les autres oiseaux par la puissance du vol et de la vision, par la rapacité, la voracité et la ténacité de la vie ; pour qu'il puisse comprendre, en un mot, les affinités et les attributs spéciaux des oiseaux de proie ! Ceci s'applique seulement à l'enseignement de l'histoire naturelle ; c'est une opération entièrement distincte des exercices destinés à habituer l'esprit à des observations exactes ; pour ce dernier objet, les meilleures pensions emploient actuellement la méthode du professeur Henslow pour l'enseignement de la botanique.

On publie actuellement de très-bons manuels sur beaucoup

(1) Nous publierons très-prochainement une lecture de M. Huxley sur *ce que doit être une éducation libérale.*

de branches de la géologie : ils sont excellents pour l'élève avancé ou pour le professeur ; mais l'élève qui regarderait avec plaisir des objets ou des peintures qui lui laisseraient des jalons dans la mémoire, et l'accoutumeraient à des mots difficiles, recule devant la lecture de ces manuels. Les squelettes exercent la plupart du temps une étrange fascination sur l'écolier, et c'est de leur structure que dépend en grande partie la classification des vertébrés. Quel élève, après avoir vu le crâne d'un phoque ou d'un marsouin, les appellerait encore poissons ? quel écolier, après avoir vu le crâne d'un cochon de lait, croirait encore qu'il peut traire une vache, comme on me dit que le croient implicitement beaucoup de jeunes gens de Norfolk et de Suffolk, sans citer bien d'autres lieux ? Une série d'illustrations occupant quelque 3800 pieds de murailles présenterait immédiatement les éléments intelligibles et clairs de la classification et de la structure de tout le règne animal ; en un mot, ces illustrations seraient à un musée complet et au *Systema naturæ* ce qu'est une carte sur laquelle les principales villes et les côtes sont clairement indiquées, à une autre carte chargée de détails qu'il est impossible de distinguer.

L'utilité des musées dépend beaucoup de deux conditions auxquelles on fait souvent fort peu d'attention : leur situation, leur éclairage et leurs dispositions intérieures. Le musée de province est trop souvent placé dans une rue obscure, sale, encombrée par la foule, où les terrains sont fort dispendieux, où les impôts sont élevés et où il ne peut s'étendre ; le but est apparemment d'attirer les gens de la campagne les jours de marché. Les habitants de la ville ne fréquentent ces localités qu'à l'heure des affaires, et ils sont alors trop occupés pour entrer au musée. Le soir et les jours de congé, alors qu'ils pourraient s'y rendre, ils préfèrent naturellement les environs de la ville. Aussi les habitants connaissent-ils à peine l'existence du musée, et je ne me rappelle pas avoir jamais entendu dire qu'un musée de province fût fréquenté par les pensions. Je ne crois pas que ceci provienne d'aucune espèce d'indifférence pour les sciences de la part des classes élevées ou des professeurs, mais bien plutôt du contenu peu instructif de ces musées de leur extérieur et de leur intérieur peu agréables. Les musées de Kew reçoivent beaucoup de visiteurs de toutes les classes, malgré l'attraction des jardins, et je ne connais pas de spectacle plus agréable que celui que présentent ces musées un dimanche ou un lundi, alors qu'ils sont encombrés de visiteurs intelligents, faisant remarquer à leurs enfants les objets qui se trouvent dans les vitrines. Les musées devraient être placés dans un grand square ou dans un parc planté d'arbres, à l'extérieur ou près de l'extérieur de la ville, point essentiel pour assurer la propreté, une vue agréable et de la place en vue des extensions possibles. Car il faut se rappeler que la végétation est le meilleur moyen d'intercepter la poussière, laquelle, sans parler des désagréments qu'elle cause, abîme les objets exposés, et qu'en outre une vue agréable, du gazon et des arbres attirent les visiteurs, et principalement les familles et les pensions.

Si l'extérieur des musées de province est désagréable, l'intérieur est souvent bien pis. Les salles sont ordinairement éclairées par des croisées placées d'un côté seulement, de telle sorte que les vitrines adossées aux murs sont obscures, et que celles placées en face des croisées réfléchissent la lumière quand on les regarde obliquement, et quand on les regarde de face le visiteur intercepte lui-même la lumière. Dans les musées de province, quand l'espace manque, le meilleur plan est de construire de longues salles rectangulaires, éclairées de chaque côté par des croisées placées les unes en face des autres et de disposer les vitrines entre les croisées. Au moyen de ces arrangements, on économise la place, l'éclairage est excellent et la classification est facile. C'est d'après ce plan qu'est construit le grand musée de Kew, où les trois principales salles ont 70 pieds de long sur [illegible] pieds de large ; dans chaque salle on peut placer 1000 pieds carrés de vitrines admirablement éclairées ; les murs offrent une surface de 6700 pieds, où l'on a placé des tableaux et des portraits de naturalistes ; il y a en outre deux cheminées, quatre entrées et un escalier tournant de 11 pieds de large. Un édifice circulaire avec des vitrines allant du centre à la circonférence serait le meilleur arrangement de tous. Un escalier tournant placé au centre de l'édifice conduirait aux étages supérieurs. On pourrait convertir en salles particulières une petite partie de la salle, sans troubler beaucoup la symétrie de l'intérieur et sans intercepter l'éclairage des vitrines. Les fondations et le rez-de-chaussée devraient être construits assez solidement pour qu'on pût surélever l'édifice ; dans ce but, la toiture devrait être disposée de façon à pouvoir s'enlever facilement quand on aurait besoin d'un étage de plus ; enfin, on pourrait ajouter à l'édifice des galeries rectangulaires semblables à celles que j'ai décrites plus haut. La position du *British Museum*, quant à ce qui regarde les collections d'histoire naturelle, me paraît désavantageuse ; il est entouré de quantité de rues au nombre desquelles se trouvent les principales artères de Londres ; aussi jour et nuit est-il rempli de poussière et des produits de la combustion du charbon. Quant à moi, je ne connais pas de spectacle plus désagréable que celui de l'intérieur mal éclairé de ce musée un jour de congé, pendant la chaleur de l'été, alors qu'une nombreuse foule encombre toutes les galeries : jeunes et vieux peuvent à peine respirer, et, s'ils quittent le musée, c'est pour se retrouver dans des rues pleines de poussière. Quelle différence si ces collections étaient transportées dans le voisinage des grands parcs ! on pourrait y construire, au milieu des arbres, du gazon et des fontaines, des galeries spacieuses et bien éclairées ; là des familles entières, au lieu d'être enfermées toute la journée dans les galeries, pourraient profiter de l'air pur tout en profitant des collections. J'apprends, et j'apprends avec surprise, que Norwich n'a pas de parc digne de ce nom. Le but de tous ceux qui s'intéressent à l'éducation et au bien-être moral de leurs concitoyens devrait être de doter cette ville d'un parc le plus tôt possible et de construire dans ce parc un musée bien organisé.

Tout en faisant ces remarques sur le *British Museum*, je suis bien loin de vouloir accuser les hommes habiles qui ont en si peu de temps formé cette étonnante collection. Feu M. Lawrence, dans une conférence en 1815, félicite ses auditeurs de la formation d'un musée géologique, formation que le gouvernement venait de décider. En 1838, quand je fréquentai pour la première fois le *British Museum*, on me dit qu'il occupait à peu près le sixième rang en Europe ; aujourd'hui, et depuis quelques années, on le considère comme le plus beau du monde. Ce résultat est dû à l'énergie et à l'habileté des conservateurs ; et, en parlant de ces derniers, je désire en passant rendre un juste hommage aux talents du vénérable docteur Gray qui a consacré sa vie entière, avec une libéra-

de la partie géologique du musée. A l'époque où le vieil hôtel de Montague contenait les collections nationales, il n'y avait à Londres qu'un seul musée où le naturaliste pût réellement étudier avec quelque fruit, c'était le musée Huntérien (du Collége royal des chirurgiens), alors placé sous la direction de feu M. Clift et du professeur Owen, l'ami de ma jeunesse quand je me préparais à accompagner l'expédition antarctique, et qui m'apprit à me servir de cette admirable série de catalogues qui lui doivent tant, et qui aujourd'hui n'ont pas de rivaux au monde.

Le musée national et les musées de province en Angleterre ont beaucoup à apprendre et à copier dans le musée du Collége royal des chirurgiens. Grâce à la munificence du conseil du collége, grâce au zèle et à l'habileté du conservateur actuel, M. Flower, ce musée est aujourd'hui encore ce qu'il était il y a trente ans, l'institution la meilleure et la plus riche en son genre qu'il y ait en Europe.

Dans la science dont je m'occupe plus particulièrement, c'est la botanique fossile et la physiologie végétale qui ont fait les progrès les plus importants pendant ces dix dernières années. Deux époques dans l'histoire ancienne du globe, l'époque des houillères et l'époque miocène, sont particulièrement riches en matériaux et jettent la plus grande lumière sur les conditions premières du règne végétal. Nous ne savons pas exactement pourquoi les plantes de ces deux époques se sont mieux conservées que celles des époques intermédiaires ou antérieures ; mais la pauvreté comparative des flores de ces dernières est une des preuves les plus convaincantes que nous ayons de l'imperfection des restes géologiques. Depuis Sternberg, Brongniart, Lindley et Hutton, c'est principalement à Göppert et à Unger, sur le continent, et à Dawson, au Canada, mais surtout à l'infatigable énergie de M. Binney, de Manchester, qui a passé près de trente ans à rechercher ces rares spécimens indiquant la structure intérieure de la plante, que nous devons les nombreuses connaissances acquises sur la flore des houillères. M. Binney vient de publier, dans les *Mémoires de la Société paléontographique*, la description détaillée de la plante la plus abondante, et la moins connue jusqu'à ses recherches, qui se trouve dans les houillères, les *Calamites* ; ce sont aussi les matériaux par lui amassés qui ont fourni à M. Carruthers, du *British Museum*, le sujet d'un remarquable mémoire. Ces recherches prouvent que les *calamites* font partie de la famille actuellement existante des *Equisetaceæ*, qui anciennement ne contenait qu'un seul genre, celui de la *queue-de-jument* commune, croissant sur le bord de nos rivières et dans nos bois ; elles prouvent aussi que près d'une douzaine d'autres genres de plantes des houillères se rattachent à cette famille. On soupçonnait depuis longtemps cette affinité des calamites, mais on doutait toujours, car l'identification de ce genre reposait sur de simples fragments ; aussi cette découverte est-elle fort importante. Il peut être prochainement fort important de savoir que ces calamites, qui, à l'époque des houillères, atteignaient des proportions gigantesques, revêtaient une multitude de formes et possédaient des organes infiniment variés, ne sont plus actuellement représentées que par un seul genre qui diffère si complétement de ses prototypes, et par la taille, et par la simplicité et l'uniformité de ses organes végétaux.

Ce sont les travaux du comte Saporta en France, de Gaudin en Amérique, et, par-dessus tout, de Heer en Suisse, qui, pendant ces dix dernières années, ont imprimé une vive impulsion aux recherches sur les plantes fossiles de l'époque tertiaire. Si l'on peut se fier à la fidélité de la détermination des affinités du plus grand nombre de ces plantes, elles prouvent la persistance à travers les couches tertiaires d'un grand nombre de familles et de genres intéressants, et la rareté de beaucoup d'autres. Dans ce cas, cependant, on ne peut pas attacher beaucoup d'importance aux témoignages négatifs. Les seuls matériaux dont nous disposions pour déterminer les affinités de la grande majorité de ces plantes tertiaires sont des feuilles mutilées; et les feuilles des plantes individuelles, contrairement à ce qui se passe pour les ossements des animaux vertébrés et pour les coquilles des mollusques, sont extrêmement variables dans tous leurs caractères.

En outre, les feuilles des plantes de différentes familles naturelles et de différents pays se ressemblent si parfaitement, que, pour les fleurs récentes, tous les botanistes regardent ces organes comme le guide le plus dangereux pour prouver une affinité. Quant aux caractères qu'indique la structure, et qu'on ne peut déduire que des organes intérieurs des plantes et surtout de leurs fruits, de leurs graines et de leurs fleurs, on en trouve fort peu de traces dans les fossiles, et c'est sur eux seulement qu'on peut s'appuyer avec certitude pour indiquer la position d'une plante récente dans le règne végétal.

Je puis citer un exemple frappant des erreurs que peut faire commettre l'étude des feuilles, et comme la chose est arrivée à un paléontologiste très-distingué, sa réputation ne saurait souffrir en quoi que ce soit de l'allusion que je fais ici. Dans le cours de ses recherches sur des spécimens imparfaits d'une localité très-intéressante, il attribua ces empreintes de feuilles fossiles à trois genres appartenant à autant de familles différentes de plantes, et pensa pouvoir tirer de cette découverte des conclusions très-importantes sur la végétation de la période où elles étaient déposées. Un autre observateur, un botaniste cette fois, et non un paléontologiste, déclare que ces trois genres supposés ne sont que les embryons de la feuille d'une seule plante, et que cette plante est le cassis commun, qui croît encore à cet endroit. Lequel des deux a raison, je ne le dis pas ; je cite seulement ce fait pour montrer à quelles conclusions différentes l'étude des mêmes matériaux fossiles peut conduire les observateurs. Dans cette science, la plus difficile de toutes, la botanique fossile, nous ne faisons que nous avancer à tâtons au milieu l'obscurité ; sur les milliers d'objets que nous rencontrons, nous en reconnaissons çà et là quelques-uns pour les avoir vus autre part, et nous nous contentons des similitudes extérieures pour indiquer des affinités. Nous ne savons rien de certain sur la plus grande quantité des spécimens ; quant aux autres, nous ne savons pas ce que nous avons entre les mains. Si, cependant, beaucoup de choses restent incertaines, il n'en est pas toujours ainsi, et dernièrement cette science a fait des progrès lents, mais sûrs, et déjà a conquis de grands résultats. Les recherches de Heer, surtout sur les flores de l'époque miocène et de l'époque pliocène, ont la plus haute valeur et le plus grand intérêt. Les conclusions qu'il a déduites de ses études sur les plantes de la houillère de Bovey-Tracy (dont nous devons la publication sous une forme digne de leur valeur et du mérite de leur auteur à la sage libéralité de miss Burdett Coutts) sont basées sur un

volution dans la géologie de l'époque tertiaire. Dans ce dernier ouvrage, le professeur Heer établit, et les preuves qu'il met en avant sont inattaquables, que pendant l'époque miocène, des forêts composées des mêmes essences que les forêts actuelles de l'Autriche, de l'Amérique et de l'Asie couvraient l'Islande, le Groenland, le Spitzberg et les îles polaires américaines, et cela dans des latitudes où, quelles que soient les conditions ou les positions de la terre, ces arbres ne pourraient pas croître aujourd'hui à cause de la glace. Enfin, il reste fort peu de doutes que la végétation arborescente s'étendait jusqu'au pôle même. De telles découvertes semblent d'abord avoir pour effet de retarder les progrès de la science en confondant tous les raisonnements géologiques antérieurs, sur le climat et les conditions du globe pendant l'époque tertiaire.

J'ai dit que les plus grandes découvertes faites dans la botanique pendant ces dix dernières années avaient été physiologiques, et je faisais principalement allusion aux mémoires de M. Darwin sur la fertilisation des plantes. Vous savez que cet éminent naturaliste, après avoir accumulé de vastes matériaux sur la géologie et la zoologie pendant son voyage autour du monde avec le capitaine Fitzroy, adopta la doctrine de l'évolution continue de la vie, et, en appliquant à cette doctrine les principes de la sélection naturelle, élabora sa théorie de l'origine des espèces. Au lieu de publier ces vues dès qu'il les eut conçues, il passa vingt ans à observer, à étudier, à expérimenter, dans le but de confirmer ou de modifier sa théorie. Parmi les sujets qui demandaient une vérification, il s'en trouvait beaucoup qui appartiennent à la botanique, mais qui avaient été mal compris ou négligés par la plupart des botanistes; il se mit vigoureusement à l'étude. Son ouvrage sur la *Fertilisation des Orchidées* fut le premier résultat de ses travaux; il l'avait entrepris pour prouver que la même plante n'est pas toujours fertilisée par son propre pollen, et que des dispositions spéciales favorisent le croisement des individus. A mesure que ses études sur les espèces anglaises avançaient, il s'intéressa si vivement au nombre, à la variété, à la complexité des phénomènes qu'il observait, qu'il étendit ses recherches à la famille tout entière. On peut avancer, sans crainte de se tromper, que l'ouvrage, résultat de ses recherches, jette plus de lumière sur la structure et les fonctions des organes de cette immense famille de plantes que n'avaient fait les recherches de tous les botanistes antérieurs. En outre, Darwin a indiqué de nouveaux champs de recherches et a découvert des principes nouveaux et importants qui s'appliquent à tout le règne végétal. Il publia ensuite un mémoire (*Journal de la Société Linnéenne de Londres*, VI, p. 77) sur deux variétés bien connues de primevères. Il prouva que ces deux variétés sont sexuelles et complémentaires, que leurs diverses fonctions consistent à assurer une fertilisation complète qui ne peut avoir lieu que par l'intermédiaire des insectes. Dans ce mémoire il établit l'existence parmi les plantes d'unions homorphiques ou légitimes et d'unions hétéromorphiques ou illégitimes, et fait quelques curieuses observations sur la structure du pollen. Les conclusions de ce mémoire, plus peut-être que celles de tous les autres mémoires de Darwin, étonnèrent les botanistes : les plantes dont il traite étaient si familières, leurs deux variétés de fleurs si bien connues à tous les observateurs intelligents et les explications si que celle de Peter Bell, pour lequel « une primevère croissant sur le bord du ruisseau était une primevère, et rien de plus. »

Des observations analogues sur les fleurs du chanvre et de leurs congénères (*Journal de la Société Linnéenne*, VII, 69) forment le sujet d'un mémoire subséquent. De ces observations résulte la découverte étonnante que, dans le chanvre commun, le pollen d'une forme de fleur est absolument impuissant quand il est appliqué à son propre stigmate, mais qu'il est invariablement puissant quand il est appliqué au stigmate de l'autre forme de fleur; et cependant, même en employant les grossissements les plus considérables que comportent nos microscopes, il est absolument impossible de trouver la moindre différence entre les deux pollens ou entre les deux stigmates. Sa troisième investigation, sur le *Lythrum salicaria*, est fort longue et fort laborieuse. Il prouve que cette espèce est trimorphique, qu'elle a trois sortes de fleurs, produites chaque année en abondance, et cependant aussi différentes que si elles appartenaient à des espèces différentes; chaque fleur a en outre trois sortes de stamen différant de formes et de fonctions. Nous trouvons donc sur cette plantes six sortes de pollens, dont cinq au moins sont essentiels pour que la plante soit fertile, et trois formes distinctes de styles.

Afin de prouver ces différences et de démontrer que la coadaptation de tous ces stamen et de tous ces pistils est essentielle pour compléter la fertilité, M. Darwin eut à organiser dix-huit séries d'observations, chaque série comprenant douze expériences : en tout, deux cent seize expériences. Ceux-là seuls qui savent expérimentalement combien il est difficile d'hybrider une plante à large fleur, très-simple de forme et de structure, comprendront ce qu'il a fallu de travail, de soin et de délicatesse pour écarter de ces expériences toute possibilité d'erreur. Le résultat de ces expériences et de celles faites sur un grand nombre de plantes semblables a été ce qu'il avait si bien prévu; il démontra la raison de ces phénomènes, et prouva enfin comment la nature pouvait faire un tout harmonieux de ces modifications compliquées, comment elle y parvient au moyen de l'intervention des insectes, et pourquoi elle le fait.

Il est impossible d'énumérer les nombreuses et importantes généralisations déduites des mémoires de M. Darwin sur la fertilisation des plantes; ce qui, à première vue, paraît le plus simple est souvent le plus profond, et, comme beaucoup d'autres choses très-simples, ce sont justement celles qui ne sont jamais découvertes que par des hommes de génie. Ainsi, par exemple, il paraît bien simple de dire que les plantes aux fleurs brillantes, à l'odeur puissante, ou contenant des sécrétions mielleuses, sont fertilisées par les insectes; que les plantes au contraire aux fleurs à peine remarquables, et principalement celles dont le pollen est peu cohérent, sont fertilisées par le vent. Mais de cette simplicité M. Darwin tire la conclusion qu'avant l'existence des insectes se nourrissant de miel, la végétation de notre globe ne pouvait être ornée d'aucune fleur éclatante, mais qu'elle devait consister en plantes telles que les pins, les chênes, les vignes, etc.

Le seul autre mémoire de M. Darwin sur la botanique auquel je désire faire allusion est celui qui traite: *Des habitudes et des mouvements des plantes grimpantes* (*Journal de la Société Linnéenne*, vol. IX, p. 1). Dans ce mémoire il examine avec

beaucoup de soin la structure, les modifications et les fonctions des différents organes au moyen desquels les plantes grimpent, s'enlacent et s'attachent aux objets étrangers. Il passe en revue toutes les familles du règne végétal et tous les organes qu'emploient les plantes pour grimper. Il détruit entièrement les hypothèses, les observations grossières, les expériences abortives qui défigurent les écrits des observateurs antérieurs; il révèle aux botanistes des organes, des structures et des fonctions qu'ils ne soupçonnaient pas, et cette investigation est aussi claire qu'elle est intéressante et instructive. La valeur de ces découvertes, qui ajoutent des chapitres entiers aux principes de la botanique, n'est pas seulement théorique; déjà horticulteurs et agriculteurs étudient ces mémoires, et reconnaissent dans le déficit de certaines récoltes l'effet de lois que M. Darwin a le premier révélées. Les découvertes de M. Darwin seront certainement à l'économie rurale, dans le sens le plus large du mot et dans leurs applications les plus étendues, ce qu'ont été à la télégraphie les découvertes de Faraday.

Les observations de M. Herbert Spencer sur la circulation de la sève et la formation du bois dans les plantes (*Transactions Linnéennes*, vol. XXV, p. 405) sont un autre exemple d'expériences heureuses de physiologie botanique. Comme chacun le sait, des vaisseaux tubulaires pénètrent les tissus de nos herbes, de nos arbrisseaux et de nos arbres, de l'extrémité de leurs racines à celle de leurs pétales et de leurs pistils. Une vive controverse s'est engagée sur les fonctions de ces vaisseaux : quelques physiologistes affirment qu'ils servent à conduire de l'air, d'autres des fluides, d'autres des gaz; d'autres enfin leur assignaient des fonctions extraordinaires de nature entièrement différente. M. Spencer, par une série d'expériences admirablement imaginées et exécutées, est parvenu non-seulement à prouver que ces vaisseaux se chargent de fluides à différentes époques de l'année, mais encore qu'ils servent essentiellement à la formation du bois. Il a en outre étudié la nature des tissus spéciaux qui servent à cette opération, et il indique non-seulement quel peut être leur mode d'action, mais quel est ce mode d'action. Je crois que le président de la section de biologie vous entretiendra tout particulièrement de ce mémoire, aussi n'ai-je pas l'intention de m'y arrêter plus longtemps; je désire seulement, avant de passer à un autre sujet, vous faire remarquer ce que peut faire un observateur et un expérimentateur habile, alors qu'il sait à fond la physique et la chimie, et quand il respecte les méthodes scientifiques.

Les deux volumes récents de M. Darwin, *Sur les animaux et les plantes à l'état de domesticité*, sont une véritable accumulation de faits, d'observations et d'expériences, tels assurément que lui seul pouvait les écrire. Il est difficile de dire si cet ouvrage est plus remarquable par la quantité et l'importance des nouveaux faits qu'il indique, ou par le nombre des observations oubliées ou négligées, négligées par quelques naturalistes, rejetées par d'autres, mais qui, relevées et examinées par lui, deviennent d'une importance du premier ordre dans la science. Un médecin, physiologiste éminent (M. James Paget), me faisait remarquer, à propos de ces volumes, qu'ils prouvent de la façon la plus évidente un trait caractéristique du génie de l'auteur, la faculté de s'assimiler ce qu'on pourrait appeler les détritus, si l'on peut s'exprimer ainsi, des laboratoires des autres savants. Ces volumes, attendus depuis si longtemps avec tant d'impatience, et qui sont en quelque sorte une des pièces justificatives de l'ouvrage précédent de l'auteur *Sur l'origine des espèces*, auront probablement une grande influence; car le nombre des faits qu'il cite à l'appui de ses théories est bien de nature à effrayer un naturaliste timide, et l'amènerait peut-être à adopter une doctrine plus hasardée que celle de la sélection naturelle. C'est dans cet ouvrage que M. Darwin expose sa nouvelle hypothèse de la pangenèse, qui certainement corrobore et peut contenir la raison de tous les phénomènes de la reproduction et de l'hérédité.

Vous savez que toute plante ou tout animal commence sa vie plus ou moins indépendante sous la forme d'une simple cellule, dans laquelle se développe un organisme plus ou moins semblable à celui des parents. Un des exemples les plus frappants que je puisse citer nous est donné par une espèce de begonia dont les tiges, les feuilles et d'autres parties sont couvertes de cellules légèrement attachées. Une de ces cellules, quelle qu'elle soit, placée dans des conditions favorables, produit une plante parfaite, semblable à son progéniteur. On peut dire que ces cellules ont hérité du pouvoir de le faire. Mais ce n'est pas tout, car chaque plante ainsi produite développe à son tour sur ses tiges et sur ses feuilles des myriades de cellules semblables, héritant de la même propriété de devenir à leur tour des plantes semblables; et ainsi de suite, apparemment, à l'infini. Ainsi donc, la cellule originelle, en quittant la plante mère, a non-seulement hérité du pouvoir de se reproduire, mais l'a multiplié et l'a distribué, sans aucune diminution dans son énergie, à toutes les autres cellules de la plante produite, et cela pendant des générations sans nombre. Quel est ce pouvoir? Comment ce propage-t-il dans la plante? Comment se fait-il qu'un organisme puisse, au moyen de simples cellules, se multiplier si rapidement, dans des limites si étroites, et cependant si sûrement et si longtemps? M. Darwin suggère une explication : il suppose que chaque cellule ou fragment d'une plante ou d'un animal contient des myriades d'atomes ou de germes; que chacun de ces germes a été produit par la plante mère, et qu'ils ont le pouvoir de se multiplier et de circuler à travers la plante; quant à leur développement futur, il suppose qu'il dépend de leur affinité pour d'autres cellules en partie formées. Selon cette hypothèse, les germes qui ne se développeraient pas se transmettraient pendant de nombreuses générations successives, ce qui expliquerait des cas remarquables de réversion ou d'atavisme. Ainsi, selon cette hypothèse, non-seulement ces germes représentent les différents organes d'un corps circulant dans toutes les parties de ce corps, mais les états morbides de ses organes, tels que les maladies héréditaires, déformations, etc., circulent aussi dans ce corps sous forme de germes morbides.

Il en sera de cette hypothèse de la pangenèse comme de toutes celles qui se basent sur l'existence supposée de structures et d'éléments qui échappent à nos sens par suite de leur petitesse et de leur subtilité; les uns l'adopteront, les autres la rejetteront. Pour les uns, ces germes infiniment petits seront aussi apparents aux yeux de leur esprit que les étoiles de la voie lactée le sont aux yeux du corps; les autres préféreront concevoir l'idée, d'après quelque terme connu, *potentialité*, terme qui ne transmet aucune impression définie, et peut-être l'idée leur plaira-t-elle plus encore à cause de cela. Quelle que soit la valeur scientifique de ces germes, il n'en est pas moins vrai que M. Darwin, en énonçant cette doctrine

de la pangenèse, nous a donné le résumé le plus clair et le plus systématique qui ait encore paru, des nombreux et étonnants phénomènes de la reproduction et de l'hérédité; et dans l'état actuel de la science on ne peut rien prouver contre cette hypothèse considérée comme moyen de grouper ces phénomènes. Le président de la Société Linnéenne, un naturaliste proverbialement réservé, exprime ainsi ses propres idées à ce sujet : « Si, dit-il, nous considérons combien les signes et les symboles mathématiques nous ont familiarisés avec des nombres et des combinaisons dont la réalisation dépasse la puissance de l'homme; si nous réfléchissons à ce que doit être l'inconcevable petitesse des émanations qui affectent le plus puissamment notre sens de l'odorat et nos constitutions; si, mettant de côté tout parti pris, nous suivons M. Darwin pas à pas, appliquant ses suppositions aux faits qu'il nous présente, nous devrons, je crois, admettre qu'elles en expliquent quelques-uns et qu'elles sont incompatibles avec d'autres; en un mot, il me semble que beaucoup de bons esprits admettront la pangenèse comme une hypothèse provisoire, qui a besoin d'être encore soumise à bien des épreuves, mais que l'on ne devra rejeter que quand on en aura proposé une plausible. »

Dix ans se sont écoulés depuis la publication de l'*Origine des espèces par la sélection naturelle*. Il n'est donc pas trop tôt de se demander quels progrès cette théorie a faits dans la science. Le journal anglais le plus répandu de ceux qui donnent une place à la science, l'*Athenæum*, a récemment proclamé à tous les pays où se parle la langue anglaise, que la théorie de M. Darwin est une chose du passé; que la faveur autrefois accordée par les savants à la sélection naturelle disparaît rapidement; et que, quant aux deux volumes sur les *Variations des animaux et des plantes dans l'état de domesticité*, ils « ne contiennent rien de plus à l'appui de l'origine par sélection qu'une réaffirmation plus détaillée des hypothèses basées sur les soi-disant variétés des pigeons. » Voyons par nous-mêmes quelle est la vérité sur les affirmations de ce journal.

L'*Origine des espèces*, qui parut il y a dix ans, a eu quatre éditions en Angleterre, deux en Allemagne, deux en Amérique, deux en France, plusieurs en Russie, une en Hollande et une en Italie; l'ouvrage sur les *Variations*, publié il y a sept mois à peine, en est déjà à sa seconde édition en Angleterre, et des éditions françaises, allemandes, russes, américaines et italiennes sont publiées. Bien loin d'être une chose du passé, la sélection naturelle est une doctrine acceptée par tous les naturalistes philosophes, y compris, bien entendu, un grand nombre qui n'admettent pas qu'elle explique tout ce que M. Darwin lui assigne. Des articles sur l'*Origine des espèces* nous arrivent chaque jour du continent, et Agassiz, dans une de ses instructions à ses collaborateurs, au moment de leur départ pour les régions de l'Amazone, appellait tout récemment leur attention sur cette théorie en l'indiquant comme un des objets d'étude les plus importants de leur voyage.

Ajouterai-je que, de tous les naturalistes éminents qui l'ont acceptée, pas un ne l'a abandonnée; qu'elle gagne des adhérents tous les jours, et qu'elle est par excellence la favorite des jeunes naturalistes, trop peut-être, car les jeunes gens sont disposés à recevoir de telles théories comme des articles de foi, et la croyance de l'étudiant devient trop souvent le parti pris du professeur. Les écrivains scientifiques qui ont publiquement rejeté les théories de l'évolution continue ou de la sélection naturelle se placent au point de vue de la physique ou de la métaphysique. Les arguments de ceux qui s'appuient sur la métaphysique sont ordinairement si pleins de préjugés et de fiel, qu'il est inutile de s'en occuper au point de vue de la critique scientifique. J'ai moi-même étudié la philosophie dans une université du Nord. Je commençai ma carrière scientifique plein d'espoir que la métaphysique me serait un guide utile. Je m'aperçus bientôt cependant qu'elle ne me servait à rien, et il y a longtemps que j'en suis arrivé à la même conclusion qu'Agassiz, conclusion qu'il exprime si bien en ces termes : « J'espère que le temps n'est pas loin où tout le monde comprendra que la bataille des preuves, si je puis m'exprimer ainsi, se livrera sur le terrain de la science physique et non pas sur celui de la métaphysique. » (Agassiz, *De la contemplation de Dieu*, dans le *Kosmos christian Examiner*, 4ᵉ série, vol. XV, p. 2.) Le champion de la sélection naturelle, le vrai chevalier de M. Darwin, Alfred Wallace, a répondu à la plus grande partie des critiques des métaphysiciens dans ses mémoires sur la *Protection* (*Westminster Review*), *Création de la loi* (*Journal des sciences*, octobre 1867), dans lesquels il discute avec une sagacité, un savoir et un talent admirables les doctrines de « l'intervention continue », les « théories de la beauté » et les doctrines semblables; mais il n'est pas facile de citer sans enthousiasme de M. Wallace et de ses travaux sur la biologie; car, sans parler du grand mérite de ses écrits, comment ne pas se rappeler en les lisant, qu'avec une modestie aussi rare qu'elle semble naturelle chez lui, il oublie qu'il pourrait réclamer l'honneur d'avoir imaginé, indépendamment de M. Darwin, les théories qu'il défend avec une si grande habileté.

Au point de vue de la géologie, les critiques s'appuient principalement sur la soi-disant perfection des archives géologiques; or, comme presque tous ceux qui croient à l'imperfection de ces archives, que beaucoup même, parmi ceux qui croient à leur perfection, acceptent les théories de l'évolution et de la sélection naturelle, entièrement ou en partie, il n'y a pas à douter que M. Darwin n'entraîne avec lui la grande majorité des géologues. Parmi eux, il est un homme qui, à lui seul, vaut une armée, le vétéran Sir Charles Lyell. Après avoir consacré des chapitres entiers, dans les premières éditions de ses *Principes*, à établir la doctrine des créations spéciales, il abandonne cette doctrine dans la dixième édition, et cela d'après les travaux d'un de ses élèves; car, en dédiant son premier ouvrage, *le Voyage d'un naturaliste*, à Sir Charles Lyell, M. Darwin constate que tout le mérite que lui-même ou ses ouvrages peuvent avoir provient de l'étude approfondie qu'il a faite des *Principes de la géologie*. Je ne connais pas de plus magnifique exemple d'héroïsme, car c'est bien là de l'héroïsme dans son genre que ce trait d'un auteur abandonnant ainsi, alors que sa vie est presque écoulée, une théorie que, pendant quarante ans, il a regardée comme la base même d'un ouvrage qui lui a valu le premier rang parmi les écrivains scientifiques. Il peut d'ailleurs être véritablement fier d'un édifice élevé sur le fondement d'une doctrine fausse, quand il voit qu'il peut le reprendre en sous-œuvre, substituer de nouvelles fondations aux anciennes, et, après que tout est fini, contempler l'édifice qu'il a élevé, et trouver qu'il est non-seulement plus solide, mais aussi plus harmonieux dans ses proportions qu'il n'était auparavant. En effet, les chapitres biologiques de la dixième édition des *Principes* sont plus en harmonie avec les changements graduels et lents de l'histoire de

éditions précédentes.

J'aborde avec méfiance les objections que font les astronomes à ces théories ; elles sont exprimées avec violence, pourrais-je dire, dans la critique la plus habile sous bien des rapports qui ait été faite de l'ouvrage de M. Darwin, et qui a paru dans le *North British Review*. Cet article est anonyme. Je n'en connais pas l'auteur, mais je regrette que, de même que presque tous les autres critiques habiles, il se laisse entraîner à un dogmatisme qui contraste défavorablement avec le ton convenable qu'emploie M. Darwin quand il discute les méthodes et les conclusions de ses adversaires. L'auteur de cet article commence, si je le comprends bien, en disant qu'il est fort peu familier avec la vérité et l'étendue des faits sur lesquels sont basées les théories de l'évolution et de la sélection naturelle; puis il ajoute : « Les théories qu'on a fondées sur ces bases peuvent se discuter , quelques doutes que l'on ait sur les faits fondamentaux. » Personne ne peut discuter ou limiter la liberté de discussion, mais le biologiste demandera nécessairement à quoi peut conduire un semblable débat? Qui attacherait beaucoup de poids au verdict d'un juge, s'il basait ce verdict sur des témoignages dont il ne connaîtrait ni la vérité ni l'étendue? Un gamin ignorant le premier mot des mathématiques pourrait tout aussi bien se mettre à contrôler le quarante-septième problème d'Euclide en se servant de carrés de papier correspondant aux côtés d'un triangle à angle droit, puis, coupant les petits carrés, essayer d'en disposer les morceaux dans le plus grand. Or, comme il ne pourrait pas arriver à le faire exactement, il conclurait pour le problème comme le critique conclut pour la théorie, que c'est « une spéculation plausible et ingénieuse qui prouve à la fois l'ignorance de notre époque et l'habileté du philosophe ».

L'argument le plus formidable qu'avance le critique est que « si l'on calcule au moyen de la physique solaire l'âge du monde habité, on peut prouver que cet âge se trouve placé dans des limites telles qu'elles ne peuvent concorder avec les vues de M. Darwin. » Ce serait là une objection valide, si ces vues étaient adoptées par les géologues, et si les 500 millions d'années que le critique admet comme l'âge du monde étaient un chiffre approximatif accepté soit par les astronomes, soit par les physiciens. En premier lieu, le critique reconnaît que les changements de condition à la surface de la terre étaient beaucoup plus rapides au commencement qu'ils ne le sont aujourd'hui, et que, depuis, ces changements sont devenus beaucoup plus lents; mais il néglige cette conséquence naturelle que, selon les principes de M. Darwin, les opérations de la sélection naturelle devaient, dans ce cas, avoir une rapidité correspondante. En second lieu, peut-on accepter comme vraies ces suppositions que la solidité de la croûte terrestre remonte à plus de 500 millions d'années? Dans son grand ouvrage, l'auteur cité plus haut adopte comme limites possibles 20 millions ou 400 millions d'années, et d'autres philosophes assignent au globe habitable un âge excédant de beaucoup la plus longue de ces périodes. Sûrement, dans des calculs de cette nature, qui sont au plus haut point hypothétiques, aucun principe ne peut nous forcer d'admettre que l'hypothèse de l'astronome est plus digne de confiance que celle du géologiste.

Un de nos anciens présidents, un astronome distingué, le professeur Whewell, a dit, en parlant de l'astronomie, une des branches de la science parfaite; qu'elle est la seule des connaissances humaines qui nous permette d'interpréter entièrement et clairement les oracles de la nature, de telle sorte que, par ce que nous avons déjà fait, nous pouvons prophétiser ce que nous ferons encore. » Eh bien! tout en admettant, et je suis fier de l'admettre comme tout savant doit le faire, tout en admettant, dis-je, que, de toutes les sciences, l'astronomie présente le plus de certitude dans ses méthodes et dans ses travaux, que l'astronomie a mis en jeu les plus grands efforts de l'intelligence humaine, et que les résultats auxquels elle est arrivée surpassent de beaucoup en grandeur ceux de toutes les autres sciences, je pense que nous devons hésiter avant d'admettre sa royauté, sa perfection et sa prétention à être la seule qui puisse interpréter, la seule douée du don de prophétie. Les mathématiques, voilà ses méthodes; elle peut dire que la géométrie et l'algèbre sont ses servantes, mais elle n'en est pas moins leur esclave. Aucune science n'est réellement parfaite; et certainement ce n'est pas celle qui, sur un point aussi fondamental que la distance du soleil à la terre, s'est dernièrement trompée de 2 millions de milles. Faraday et von Heer n'ont-ils pas, eux aussi, interprété clairement des oracles de la nature? Cuvier et Dalton n'ont-ils pas prophétisé et n'ont-ils pas été bons prophètes? Des prétentions à la royauté ne sont pas dans l'esprit de la science; j'aime bien mieux comparer le domaine de la science à une ruche, dans laquelle chaque rayon est une science, et la vérité la seule reine qui soit au-dessus d'elles.

Il me reste à vous dire quelques mots sur notre réunion actuelle. Une nouvelle science se présente au milieu de nous, la science de l'histoire reculée de l'humanité. L'archéologie antéhistorique (comprenant l'origine du langage et des arts) est la dernière forme de cette série de recherches qui ont dispersé l'obscurité des siècles et remplacé par des vérités scientifiques des traditions honorées par le temps. L'astronomie, si elle n'est pas la reine, est toutefois la plus ancienne des sciences: la première elle a arraché le flambeau aux mains des professeurs dogmatiques, elle a déchiré la lettre en respectant l'esprit de la loi. Puis est venue la géologie, mais deux siècles plus tard seulement; et ce n'est, à vrai dire, qu'à notre époque qu'elle est parvenue à débarrasser l'enseignement religieux de bien des erreurs scientifiques. Elle nous a enseigné que la vie animale et la vie végétale ont précédé l'homme sur la terre, non pas de quelques jours, mais pendant des myriades d'années. Ces connaissances nous sont venues bien tard, et nous pouvons le prouver par ce fait que feu M. Lawrence, dans ses conférences faites en 1818, disait encore, en parlant des races éteintes d'animaux : « Qu'il est très-probable, comme on l'a supposé, qu'ils existaient à une époque plus reculée que celle de l'apparition de l'homme sur la terre. » Enfin, cette nouvelle science, que nous saluons aujourd'hui, vient proclamer que l'homme lui-même a habité cette terre pendant bien des milliers d'années peut-être avant l'époque historique, résultat auquel on s'attendait bien peu il y a moins de trente ans. Quand le révérend W. V. Harcourt, dans son discours devant l'Association réunie alors à Birmingham (*Reports*, p. 17), faisait observer que « la géologie tend à confirmer que le temps pendant lequel la race humaine a existé sur le globe ne peut pas différer beaucoup de celui indiqué par les Écritures », il faisait allusion, ai-je besoin de le

dire, à cette soi-disant chronologie des saintes Écritures, chronologie qui n'est basée sur rien dans l'Ancien Testament, et qui donne le chiffre de 5874 ans comme âge du globe habité.

L'archéologie historique nous offre actuellement de nous conduire là où jusqu'à présent nous n'avons pas osé nous avancer. Pouvons-nous, tout en poursuivant ces recherches, séparer le côté physique du côté spirituel? telle est, j'en suis persuadé, la pensée qui domine toutes les autres chez la plupart d'entre vous. Séparer ces deux côtés de la question est, je le crois, tout à fait impossible; mais rechercher les vérités communes qui les dominent toutes deux est permis à chacun. M. Disraeli a dit, en parlant de la vérité, qu'elle « est la passion la plus violente de l'humanité ». Tous ceux qui s'occupent de ces recherches feront bien de se pénétrer de cet ardent amour de la vérité; car, sur ce terrain plus que sur tous les autres, la religion et la science doivent rester en paix l'une avec l'autre, si elles veulent marcher vers un but commun pendant notre époque et notre génération.

On a beaucoup dit, beaucoup écrit sur les attitudes respectives de la religion et de la science. Mon prédécesseur, le duc de Buccleugh, a insisté sur ce sujet l'année dernière, et il a fait remarquer avec beaucoup de goût et de bon sens combien il importait au progrès de la science que cette attitude fût amicale. Autant que je puis me le rappeler, pendant les premières décades de ma vie scientifique, on entendait bien rarement prononcer le mot de science dans les églises de notre pays; plus tard, alors que l'influence des *Reliquiæ diluvianæ* et des *Traités de Bridgewater* se faisait encore sentir, je l'y ai entendu prononcer souvent avec plaisir. Depuis quelques années, la chaire résonne plus souvent du nom de science, mais, la plupart du temps, c'est pour exprimer la haine et la crainte qu'il inspire.

Le révérend docteur Hannah, dans un article éloquent qu'il a publié dans le *Contemporary Review* (nº 21, septembre 1867), a cité une longue liste de ministres éminents de toutes les sectes protestantes qui ont enrichi la science de leurs écrits et la religion de leurs vertus. Je n'ignore pas ce qu'ils ont fait, de même que je sais qu'il y a des prédicateurs éminents qui rendent à la science le respect qui lui est dû. Mais le docteur Hannah oublie de nous dire que la majorité de ces écrivains n'était pas des ministres dans le sens ordinaire du mot; il ne nous dit pas non plus ce que la majorité de leurs confrères pensait de leurs écrits scientifiques, ceux de la campagne principalement : et il est probable que c'est seulement dans leurs sermons qu'une immense partie de la population a entendu prononcer le mot de science.

Cherchons donc tous la vérité! Que l'archéologue la cherche dans la condition physique de la race humaine, que le prêtre la cherche dans l'histoire spirituelle de l'homme. Il est bien inutile que l'un contemple de loin les recherches de l'autre, ce qu'il fait presque toujours en regardant par le gros bout de la lorgnette, car plus ces recherches paraissent insignifiantes, plus il est content. Un instinct insatiable de l'esprit de l'homme le pousse toujours à rechercher l'origine et le but de son existence; pour satisfaire à ce besoin, l'homme de tous les temps et de tous les pays a adopté des croyances qui embrassent l'histoire de son passé et de son futur, et a accueilli avec enthousiasme les vérités scientifiques qui viennent à l'appui de ces croyances. Je suis intimement persuadé que sans cet instinct insatiable de l'homme, ni les religions ni les sciences n'auraient fait autant de progrès. La science, dans cette recherche, n'a jamais gêné les aspirations religieuses des hommes convaincus; jamais non plus les paroles tombées de la chaire n'ont détourné de la science les esprits dévorés du besoin de savoir.

Une mer de temps, si je puis m'exprimer ainsi, répand ses eaux entre l'époque que mentionnent les premières traditions de nos ancêtres et cette autre époque bien plus reculée encore où l'homme a paru sur la terre. L'homme s'adresse en vain à son professeur religieux pour se diriger sur cette mer. La science s'offre aujourd'hui à le piloter le long des bords, sinon à la lui faire traverser. Chaque découverte nouvelle relative à l'homme antéhistorique pourrait se comparer à un pilier bâti sur quelque roc que la marée a laissé à sec : un jour des arches relieront tous ces points, et nous pourrons aller en avant.

Il se peut, il est vrai, que la science ne puisse jamais sonder les profondeurs de cette mer, en indiquer tous les basfonds, en traverser toutes les baies : mais elle continuera à bâtir sur chacun des rocs; elle ne considérera pas sa mission terminée jusqu'à ce qu'elle en ait sondé les plus grandes profondeurs et atteint le bord opposé, ou bien qu'elle ait prouvé que, dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible d'y arriver. Si, dans ces recherches, on se rappelle constamment que la science et la religion ont un intérêt commun, celui de comprendre les origines de l'existence; si l'on se rappelle que les lois de l'esprit ne sont pas de la compétence du physicien, ni les lois de la matière de celle du prêtre, il me semble que la science et la religion peuvent travailler harmonieusement pour arriver au résultat cherché. Mais si elles veulent préserver cette harmonie, qu'elles se servent rarement de cette arme à deux tranchants qu'on appelle la théologie naturelle, une soi-disant science, puisque, quand elle ne veut pas admettre des vérités hostiles aux points qu'elle défend, elle cherche à peser l'infini dans la balance du fini, change de terrain pour expliquer tous les nouveaux faits que la science établit et toutes les vieilles erreurs qu'elle fait disparaître. Ainsi comprise, la théologie naturelle est pour le savant une illusion, pour le prêtre un piége, conduisant trop souvent à la folie et à l'athéisme.

Un de nos plus profonds penseurs, M. Herbert Spencer, a dit : « Si la religion et la science doivent jamais se réconcilier, la seule base de réconciliation possible est le fait certain que la puissance suprême, dont on peut trouver partout la trace dans l'univers, est absolument indéfinissable. » Le lien qui unit l'histoire physique et l'histoire spirituelle de l'homme, les forces qui se manifestent dans les victoires alternatives de l'esprit et de la matière sur les actions de l'individu, sont, de tous les objets que nous ont révélés la physique et la psychologie, les plus intéressants et peut-être les plus obscurs. Dans l'investigation de leurs phénomènes se trouvent compris le passé et le futur, l'origine et le but de l'existence; c'est là ce que l'homme désire savoir avant tout, et il s'écrie avec un de nos poëtes, M. F. T. Palgrave :

« Tout ne se borne pas à la matière et à la force; auprès de la loi des choses il y a la loi de l'esprit : l'une parle dans les rochers et les étoiles, l'autre dans le cœur de l'homme, et toutes deux nous ont placés sur cette terre pour que nous puissions y apprendre d'où nous venons, où nous allons! »

J. D. HOOKER.
Directeur du jardin royal de Kew.

— Traduit de l'anglais par H. BARBIER. —

UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE

(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.)

M. L. AGASSIZ (1)

(correspondant de l'Institut de France).

Distribution géographique des animaux dans ses rapports avec leur origine.

La superficie de notre planète est formée en partie par l'eau, en partie par la terre ferme ; et l'organisation de tous les êtres vivants étant dans une étroite corrélation avec l'un ou l'autre de ces milieux, il est dans la nature des choses que pas une espèce, soit d'animaux, soit de plantes, ne puisse être uniformément distribuée sur toute la surface du globe. Mais tandis que quelques types, dans l'un et l'autre règne, sont uniformément répandus sur toute la surface des continents ou disséminés au sein de l'Océan sur l'étendue la plus vaste, il en est d'autres qui, au contraire, sont circonscrits dans les limites d'une mer ou d'un continent, ou même dans celles d'une contrée particulière, d'un lac, plus encore dans celles d'une petite localité (2).

A ne considérer que les groupes primaires du règne animal, autant que la nature du milieu auquel les animaux sont appropriés ne s'y oppose pas, on rencontre partout, à côté les uns des autres, des représentants des quatre grands embranchements. Des Rayonnés, des Mollusques, des Articulés, des Mammifères vivent ensemble dans toutes les parties de l'Océan, dans les régions arctiques aussi bien que sous l'équateur ou dans le voisinage du pôle sud. Si loin que l'homme ait pénétré, il a partout constaté ce fait. Il n'est pas une baie, pas un canal, pas un bas-fond qui ne soit hanté par un mélange de ces êtres. Cette association est si universelle, non-seulement de nos jours, mais à tous les âges géologiques antérieurs, qu'elle constitue, à mes yeux, une raison suffisante pour que les Poissons doivent être à la fin découverts dans le petit nombre de couches fossilifères du système silurien où on ne les a pas encore rencontrés. Sur terre, partout aussi nous trouvons des Vertébrés, des Articulés, des Mollusques, mais non point des Rayonnés, car cet embranchement tout entier est borné aux eaux. Aussi loin que les animaux terrestres s'étendent, nous voyons des représentants des trois premiers embranchements mêlés ensemble, comme nous avons vu ceux des quatre groupes mêlés dans l'Océan. Les classes ont déjà un mode de distribution plus restreint. Parmi les Rayonnés, les Polypes, les Acalèphes et les Échinodermes ne sont pas seulement tous aquatiques, ils sont encore tous marins (3), à une seule exception près, celle du genre Hydre, qui habite les eaux douces. Chez les Mollusques, les Acéphales, en partie marins, en partie fluviatiles, sont tous aquatiques; les Gastéropodes sont ou marins, ou fluviatiles, ou terrestres, et les Céphalopodes sont tous marins. Parmi les Articulés, les Vers sont ou marins, ou fluviatiles, ou terrestres, ou même parasites intérieurs des cavités ou des organes d'autres animaux ; les Crustacés sont en partie marins, en partie fluviatiles ; un petit nombre sont terrestres. Les Insectes sont surtout terrestres ou plutôt aériens ; quelques-uns sont marins, d'autres fluviatiles, et un très-grand nombre d'entre eux qui, à l'état parfait, vivent dans l'air, sont terrestres ou aquatiques durant les premières phases de leur développement. Parmi les Vertébrés, les Poissons n'habitent que les eaux, douces ou salées ; les Reptiles sont aquatiques, amphibies ou terrestres, et quelques-uns de ces derniers sont aquatiques à la première période de leur vie. Les Oiseaux sont tous aériens, mais les uns sont davantage terrestres, les autres davantage aquatiques. Enfin, les Mammifères, quoique tous aériens, vivent partie dans la mer, partie dans les eaux douces, et le beaucoup plus grand nombre sur terre. En poussant cette revue plus loin, on verrait que cette localisation d'après la nature des éléments au sein desquels vit l'animal est en corrélation directe avec des particularités de structure d'une importance telle que, dans les limites de la classe, la seule considération de l'habitat pourrait, en beaucoup de cas, conduire à une classification naturelle. Mais cela n'est vrai que dans les limites de la classe, et encore n'est-ce pas absolument vrai. Dans quelques classes, en effet, c'est seulement dans les ordres ou dans les familles qu'on trouve cette corrélation intime avec les milieux. Il y a même des groupes naturels dans lesquels elle ne se manifeste plus au delà des genres, et un petit nombre de cas où elle ne va pas plus loin que l'espèce. A quelque degré toutefois que cette correspondance se manifeste, on observe qu'en un lieu quelconque du globe elle apparaît simultanément chez les représentants de classes diverses ou même d'embranchements différents, soit du règne végétal, soit du règne animal. Cela prouve que, au moment où ils ont été appelés à l'existence, les êtres si variés formant ce mélange ont été appropriés dans tous leurs caractères, ceux du règne, ceux de la classe, de l'ordre, de la famille, ceux du genre et ceux de l'espèce, aux conditions de l'habitat qui leur était assigné, et non pas qu'ils soient le produit des circonstances locales, ou de celles du milieu, ou enfin d'une circonstance physique quelconque (1). Soutenir le contraire, reviendrait positivement à affirmer que partout où des êtres organisés vivent dans un certain mélange, si varié soit-il d'ailleurs, les forces physiques dominantes ont trouvé dans leur mutuelle combinaison la puissance de produire la grande variété de structure que présentent ces êtres, en dépit même de l'étroite corrélation qui existe entre ces forces et les animaux ou les végétaux ; ou bien que, par leur intervention, une corrélation intime a été établie entre elles-mêmes et les organismes, bien qu'entre leur propre nature et les caractères de ces derniers,

(1) Voyez ci-dessus page 345, numéro du 2 mai 1868.

(2) La race humaine fournit l'exemple de la large distribution d'un type terrestre ; les familles du Hareng et du Maquereau celui de la large distribution d'un type marin. Les Mammifères d'Australie font voir comment quelques familles peuvent être limitées à un continent ; la famille des Poissons à branchies labyrinthiques, comment des poissons peuvent ne pas franchir les bornes d'une certaine mer ; celle des Goniodontes de l'Amérique du Sud, comment d'autres ne sortent pas des eaux douces. Le Chaca du lac Baïkal ne se trouve nulle part ailleurs ; l'Amblyopsis ne se rencontre que dans la caverne du Mammouth, le Protée que dans les grottes souterraines de la Carinthie.

(3) J'ai à peine besoin de dire, à cet égard, que les soi-disant Polypes d'eau douce, l'Alcyonelle, la Plumatelle, etc., sont des Bryozoaires, et non de vrais Polypes.

(1) Quand on étudie la distribution géographique des animaux et des plantes, et leurs rapports avec les milieux ambiants, on n'a pas assez égard à cette circonstance que les représentants des types les plus variés sont partout associés, dans des aires définies, au milieu de conditions d'existence identiques. Ces combinaisons de nombreux types fort hétérogènes, sous toutes les variétés possibles de climats, me semblent devoir fournir l'objection la plus irréfutable contre l'hypothèse que les êtres vivants, ainsi réunis et mêlés, puissent avoir pris spontanément origine et être l'œuvre d'une loi naturelle.

il n'y eût aucun lien. En d'autres termes, dans tous les animaux et dans toutes les plantes, il y a un certain côté de l'organisation qui est en rapport avec la nature des éléments au sein desquels ils vivent, et un autre côté de l'organisation où ce rapport n'existe pas ; or, c'est précisément cette partie de l'être organisé, complétement indépendante des circonstances extérieures, qui constitue le caractère essentiel, le caractère typique. Cela prouve, sans laisser place à la moindre objection, que les éléments au sein desquels vivent les animaux et les plantes (et par éléments j'entends tout ce qu'on appelle ordinairement causes physiques, agents physiques, etc.) ne peuvent en aucune façon être considérés comme la cause de ces êtres.

L'étude de la distribution géographique des êtres organisés n'a pas encore pris de forme scientifique par une raison bien simple : c'est qu'elle s'est bornée jusqu'à présent à considérer la répartition des animaux et des plantes à la surface du globe, en tenant exclusivement compte des êtres qui l'habitent aujourd'hui. Cependant cette distribution a ses racines dans le passé. On ne comprendra bien l'état actuel des choses que du jour où on le rattachera à la distribution des êtres organisés des âges géologiques antérieurs au nôtre. Pour bien comprendre la liaison des êtres avec le sol qu'ils habitent, il est indispensable d'envisager les changements autrefois subis par la configuration des terres et des mers dans leurs rapports avec la forme actuelle des océans et des continents. On ne s'expliquera les ressemblances des animaux qui vivent dans l'Océan, sur les rivages opposés d'un continent, que lorsqu'on aura mis en évidence les communications directes ayant jadis existé entre des mers que ce continent sépare aujourd'hui. On ne pourra suivre les affinités des animaux qui sont disséminés sur les versants opposés de hautes chaînes de montagnes qu'en se reportant aux époques où ces barrières n'existaient point encore. Il ne s'agit donc pas seulement de saisir la liaison qui existe entre les animaux des époques géologiques successives, il faut encore embrasser d'un même coup d'œil les changements qui ont accompagné les modifications survenues avec le temps dans les règnes organiques. Cette étude est encore à faire dans son ensemble, malgré les travaux partiels qu'on possède déjà sur ce sujet.

Si les naturalistes des siècles précédents n'ont pas réussi à perfectionner leurs systèmes en y introduisant des considérations tirées de l'habitat des animaux, c'est surtout parce qu'ils ont fait de l'habitat la base de leurs divisions primaires. Mais, en la réduisant aux proportions qui lui conviennent, l'étude des rapports existant entre la structure et la patrie naturelle des animaux ne peut manquer de produire des résultats intéressants, et, entre autres, la conviction croissante que ces rapports, loin d'être le fait des forces physiques, dérivent au contraire du plan conçu dès le principe. Ce n'est certes pas là une conclusion sans importance.

Des aires inégales sont occupées à la surface du globe par des groupes de valeur diverse, et les mélanges formés par des familles distinctes de végétaux ou d'animaux dans les différentes parties du globe présentent ainsi la plus extraordinaire variété. Ces combinaisons sont réglées de telle sorte que chaque province naturelle emprunte aux caractères de ses êtres organisés un cachet qui lui est propre. On appelle *faune*, l'association naturelle des êtres qui vivent en commun sur une surface plus ou moins vaste, quand on parle des animaux seulement ; s'il s'agit des plantes, on dit la *flore*. Il s'en faut que les limites naturelles des faunes et des flores aient été déjà déterminées avec précision. Comme les travaux de Schow et de Schmarda suffisent à donner une idée approximative de ces circonscriptions et de leur grandeur, j'y renvoie pour plus de détails (1), et je veux me borner à faire ressortir l'inégale étendue des faunes différentes, et la nécessité de leur assigner des limites spéciales suivant le point de vue sous lequel on les envisage. Ou, pour mieux dire, je veux faire comprendre que les groupes différents embrassant, les uns moins, les autres davantage, il est nécessaire, pour l'étude de leur mode d'association ou des faunes, de faire une distinction entre les empires zoologiques. pour ainsi dire, et les provinces zoologiques, les cantons zoologiques, les paroisses zoologiques, c'est-à-dire entre des aires d'inégale étendue. La plus vaste contiendra les types les plus répandus ; des divisions de plus en plus petites présenteront des types de plus en plus restreints. Parfois ces circonscriptions se superposeront, parfois elles seront placées l'une à côté de l'autre, parfois encore elles seront inscrites l'une dans l'autre ; mais, toujours et partout, un cachet spécial sera imprimé à chaque fraction de l'aire la plus large et la fera différer de n'importe quelle autre partie, dans ses limites naturelles.

La variété des combinaisons qui peuvent se produire entre des aires ou plus petites ou plus grandes, mais également bien définies par des types différents, a été cause que les naturalistes ont émis les vues les plus disparates à l'égard des limites naturelles des faunes. Mais, avec le progrès de nos connaissances, ces divergences ne peuvent manquer de disparaître. A la rigueur, chaque île de l'océan Pacifique sur laquelle on rencontre une espèce animale distincte peut *être considérée* comme possédant une faune spéciale, bien que plusieurs groupes de ces îles aient un caractère commun qui en fait le domaine d'une seule faune plus compréhensive : c'est le cas des îles Sandwich, par exemple, comparées aux îles Fidji ou à la Nouvelle-Zélande. Ce qui est vrai d'îles *séparées ou de* lacs isolés est également vrai des parties reliées *entre elles* d'un continent ou d'une mer.

Comme il est maintenant bien connu que certains animaux ne dépassent pas, dans leur distribution géographique, un cercle très-étroit, il serait fort intéressant de définir quelles sont les limites les plus resserrées dans lesquelles des animaux de type différent puissent être circonscrits. On aurait ainsi une première donnée pour la recherche des conditions primitives dans lesquelles les animaux ont été créés. Le temps n'est plus où la simple indication du continent dans lequel un animal a été trouvé pouvait satisfaire notre *curiosité*. Les naturalistes qui, ayant la possibilité de déterminer rigoureusement les circonstances particulières de l'habitat des animaux qu'ils décrivent, négligent de relater ces circonstances, manquent à ce qu'ils doivent à la science. Sans les négligences de cette espèce, notre connaissance de la distribution géographique des animaux serait à la fois plus étendue et plus exacte. Chaque nouveau fait relatif à la distribution géographique d'une espèce connue est aussi important pour la science que la découverte d'une espèce nouvelle. Si nous connaissions seulement la distribution d'un seul animal aussi exactement qu'Alph. de Candolle a déterminé celle de [illegible] ques espèces végétales, une ère nouvelle commen[illegible] la zoologie. Il est grandement regrettable que, dans [illegible] des travaux où sont consignés les résultats [illegible] plorations lointaines, on ne trouve rien de [illegible]

renseignement d'une valeur inappréciable pour la connaissance de la géographie zoologique. Le sans-façon avec lequel certains naturalistes instituent les espèces distinctes, simplement parce qu'ils en ont trouvé les individus dans des contrées éloignées, et sans même avoir le soin d'en garder des spécimens pour une comparaison ultérieure, est une source d'erreurs perpétuelles donnant lieu, dans l'étude de la géographie des animaux, aux conclusions les plus fausses. Non moins préjudiciable aux progrès de la science est la promptitude avec laquelle d'autres observateurs considèrent comme identiques les animaux ou les plantes qui ont entre eux une très-grande ressemblance, sans se préoccuper le moins du monde de leur origine et sans même signaler les différences qui ont pu être notées sur les spécimens tirés de différents points du globe. L'identité parfaite d'animaux ou de plantes qui vivent en des contrées du globe fort éloignées a été si souvent démontrée, et, inversement, on connaît si bien à quel point des espèces vivant ensemble peuvent néanmoins différer sous tous les rapports essentiels, qu'une telle légèreté dans l'étude est injustifiable.

L'extrême ressemblance pouvant exister entre des animaux ou des plantes qui vivent dans les contrées les plus distantes est un fait du plus haut intérêt et dont l'étude est fort importante au point de vue de ces deux questions : l'unité d'origine des animaux et l'influence des agents physiques sur les êtres organisés. Les faits établissent désormais, d'une façon très-nette, que les individus d'une même espèce, nés dans des régions très-éloignées, ne peuvent pas avoir eu une origine commune, et qu'il y a la même indépendance entre les espèces, d'ailleurs étroitement alliées, qui sont les représentants les unes des autres dans des lieux du globe très-distants. Il me semble donc qu'un des arguments les plus puissants en faveur de la prétendue influence exercée sur le règne organique par les agents physiques qui en altéreraient les caractères est pour toujours écarté.

Ce sont, parmi les Mammifères, quelques espèces grandes et remarquables qui donnent la mesure des limites les plus étroites où des Vertébrés puissent être circonscrits : l'Orang-outan dans les îles de la Sonde, le Chimpanzé et le Gorille sur la côte occidentale d'Afrique ; plusieurs espèces distinctes de Rhinocéros aux environs du cap de Bonne-Espérance, à Java, à Sumatra ; le Tapir commun et le Tapir pinchaque dans l'Amérique du Sud, le Tapir oriental à Sumatra ; l'Éléphant des Indes orientales et l'Éléphant d'Afrique ; le Chameau de la Bactriane et le Dromadaire ; les Llamas et les différentes espèces de Bœufs, de Chèvres et de Moutons sauvages, etc. Les exemples les plus frappants de localisation sont fournis : chez les Oiseaux, par l'Autruche africaine, les deux Nandous de l'Amérique, l'Émeu (*Dromaius*) de l'Australie et le Casoar (*Casuarius galeatus*) de l'archipel Indien, et plus encore par certaines espèces de Pigeons confinées dans des îles particulières de l'océan Pacifique ; — chez les Reptiles, par le Protée des grottes d'Adelsberg en Carinthie, et par la Tortue *Gopher* (*Testudo Polyphemus*, Agass.) des États du sud de l'Union américaine ; — chez les Poissons, par le Poisson aveugle (*Amblyopsis spelæus*) de la caverne du Mammouth. L'embranchement des Articulés ne présente pas, à cet égard, de faits aussi saillants ; toutefois l'Écrevisse aveugle de la caverne du Mammouth et les parasites qui ne vivent que sur le

remarquera certaines espèces de coquilles terrestres qui, su vant ce qu'assure le professeur Adams, entre toutes les An tilles, ne se trouvent qu'à la Jamaïque, et l'espèce, décrit par le docteur Gould, qui a été trouvée dans les îles isolée de l'océan Pacifique par la commission des États-Unis char gée d'un voyage de circumnavigation. Parmi les Rayonné eux-mêmes on peut citer, aussi bien chez les Échinoderme que chez les Méduses ou les Polypes, quelques espèces qui n sont connues que dans un petit nombre de localités ; mai tant que ces animaux n'auront pas été collectionnés dans l but spécial d'en déterminer le mode de distribution géogra phique, les indications des voyageurs devront être accueillie avec beaucoup de réserve, et toute généralisation quant à l grandeur de l'aire couverte par les espèces sera prématurée jusqu'à ce que les contrées qu'elles habitent aient été explo rées sur une grande étendue (1).

A ces considérations relatives à la distribution dans l'éten due, il faut rattacher encore les connaissances que l'on pos sède déjà sur la distribution de certains types, limités à de hauteurs déterminées du relief inégal de la terre ou à de profondeurs diverses dans le sein des eaux. Malgré les fait nombreux qui ont déjà été recueillis sur cette distribution dans les mers qui baignent l'Europe et au voisinage du litto ral américain, malgré aussi quelques données isolées sur le grandes profondeurs auxquelles certaines espèces animale ont été rencontrées, on peut dire sans exagération que la dis tribution géographique des animaux au sein des mers es presque entièrement inconnue.

Il n'en est pas moins vrai et établi sur de nombreuses preu ves que, dans des limites définies, tous les animaux qu'on trouve dans des provinces zoologiques différentes sont spécifi quement différents. Ce qui reste à déterminer d'une façon plus précise, c'est la distribution de chaque espèce, ainsi que les limites naturelles des différentes faunes.

Ce n'est pas seulement en considérant combien, même dans des aires fort petites, le règne animal présente de variété, qu'on est conduit à admirer l'unité de plan manifestée par tant de types si divers ; cette admiration devient bien plus grande encore quand on voit dans ces types une structure identique, bien qu'ils soient répandus sur une vaste étendue superficielle, dans des régions qui n'ont pas le moindre rapport entre elles. Pourquoi les animaux et les végétaux du nord de l'Amérique ont-ils une si grande ressemblance avec ceux de l'Europe et du nord de l'Asie, tandis que ceux de l'Australie diffèrent complétement de ceux de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, à latitudes égales ? Voilà certes un problème d'un grand intérêt, au point de vue de l'influence exercée par les agents physiques sur les caractères des êtres organisés, dans les différentes parties du globe. Il n'y a certainement pas plus de ressemblance entre l'Amérique du Nord et l'Europe ou l'Asie septentrionale qu'entre certaines parties de l'Australie et certaines autres de l'Afrique ou de l'Amérique du Sud. Et quand même on devrait accorder qu'il

(1) Pour ce qui est des Échinodermes et des Acalèphes, je suis en mesure d'affirmer que les espèces du littoral atlantique de l'Amérique du Nord diffèrent entièrement, suivant qu'elles vivent sur les côtes des États septentrionaux ou sur celles des États du Sud ; à leur tour, ces dernières sont tout autres que les espèces du golfe du Mexique.

part, et les dissemblances ou les similitudes existant, d'autre part, entre les animaux de ces contrées. Il serait rationnellement impossible de faire dépendre les unes des autres.

Pourquoi l'identité entre les espèces prévaut-elle dans la zone arctique et cesse-t-elle de prévaloir dans la zone tempérée, quoiqu'il y ait pour distinguer les unes des autres certaines espèces de la seconde zone, différentes d'ailleurs, autant de difficultés que pour démontrer l'identité de certaines espèces arctiques dans les trois continents qui convergent vers le pôle ? Cependant il y a confusion, et sur une grande étendue, entre les espèces d'une zone et celles de l'autre, à leur commune limite.

Pourquoi les espèces antarctiques ne sont-elles pas identiques avec celles des régions arctiques ? Pourquoi, enfin, une plus grande élévation de la température moyenne suffit-elle pour introduire des types aussi complétement nouveaux, quand, d'ailleurs, il y a dans la région arctique, sur les différents continents, des types d'une singularité si remarquable (les *Rhytina*, par exemple), combinés avec d'autres qui partout sont les mêmes dans toute l'étendue de la région (1) ?

A première vue, il semble tout naturel que les espèces arctiques s'étendent sur les trois continents septentrionaux qui convergent également vers le pôle. Là, en effet, il ne peut pas y avoir de barrière insurmontable à la plus large dissémination, sur toute la superficie de la région, d'animaux qui vivent dans l'océan Glacial ou sur les parties des trois continents, entre lesquelles la glace sert, pour ainsi dire, de pont. Mais, plus on pénètre avant dans les détails, à la recherche de cette identité, plus on demeure surpris de la rencontrer; car dans la région arctique, comme partout ailleurs, des représentants de types très-divers vivent les uns à côté des autres. Les Mammifères arctiques appartiennent principalement aux familles des Baleines, des Phoques, des Ours, des Belettes, des Renards, des Ruminants et des Rongeurs. Ils ont, en tant que Mammifères, la même structure générale qu'ont les animaux de cette classe, dans n'importe quel lieu du globe. Il en est de même des Oiseaux arctiques, des Poissons, des Articulés, des Mollusques, des Rayonnés arctiques, comparés aux représentants du même type dans une contrée quelconque. L'identité s'étend à tous les degrés d'affinité, aussi bien chez ces animaux que chez les végétaux des mêmes latitudes. Ordres, familles, genres, aussi loin qu'ils sont représentés, ont là, identiquement, les mêmes caractères qui sont ailleurs propres à ces genres, à ces ordres, à ces familles. Les Renards arctiques ont la même formule dentaire, la même disposition des doigts et des ongles; en somme, toutes les particularités génériques qui caractérisent les Renards, qu'ils soient de la zone arctique, de la zone tempérée ou de

(1) Qu'on ne s'y méprenne point. Je n'impute pas à tous les naturalistes l'idée de rapporter toutes les différences ou toutes les similitudes du monde organique aux influences climatologiques. Je veux seulement leur rappeler que le tableau, même le plus exact, des relations existant entre le climat et la distribution géographique des êtres vivants, laisse intacte la question de l'origine de ces êtres; or, c'est cette origine qui est en cause. On a trop peu fait attention, jusqu'ici, aux rapports que présentent les particularités de la structure et le mode de distribution géographique des animaux. C'est une comparaison à laquelle on ne pourra se livrer utilement qu'après que des observateurs nés dans le pays auront, sous toutes les latitudes, étudié l'anatomie comparée des animaux de chaque contrée.

ou les Phoques; les mêmes détails de structure qui caractérisent le genre au pôle nord reparaissent chez les animaux de l'hémisphère sud, et dans l'espace intermédiaire, aussi loin que s'étende leur distribution naturelle. Même chose encore pour les Oiseaux, pour les Poissons, etc., etc. Et qu'on ne suppose pas que c'est là une simple ressemblance générale. Tant s'en faut; l'identité de structure va jusqu'aux plus petits détails des particularités les plus infimes; dents, poils, écailles, plis du cerveau, ramifications vasculaires, replis de la muqueuse intestinale, complication des glandes, rien n'y échappe; et cela est poussé si loin, que, seul, le naturaliste familier avec l'observation microscopique peut se faire une idée de la précision et de la permanence de ces caractères. Cette identité, pour tout dire, est tellement complète, que si, après avoir été mutilé de manière qu'aucun des caractères de l'espèce ne pût être reconnu, un animal quelconque était soumis à l'examen d'un anatomiste vraiment habile, non-seulement la classe, non-seulement l'ordre et la famille auxquels appartient cet animal, mais encore le genre lui-même, pourraient être déterminés avec autant de précision que si l'intégrité des parties avait été respectée. Si un petit nombre de genres seulement avaient le privilége d'une large dissémination sur la terre ou dans l'Océan, on pourrait regarder cela comme une chose extraordinaire; mais il n'est pas une classe d'animaux qui ne contienne plusieurs genres plus ou moins cosmopolites. Le nombre des animaux qui ont subi une dissémination profuse est même tellement grand, que, au moins en ce qui concerne les genres, on peut sans crainte affirmer que la majeure partie d'entre eux ont une distribution géographique extrêmement large. Cela montre de la façon la plus évidente que, si loin que s'étende la distribution géographique de ces genres, les animaux dont la structure est identique dans toute cette étendue échappent à l'influence des agents physiques. Sinon il faudrait admettre que, nonobstant leur extrême diversité dans les limites géographiques indiquées, ces agents ont le pouvoir de produire des structures absolument identiques dans des types tout à fait différents (1).

Il importe de se rappeler ici que certains genres de Vertébrés, d'Articulés, de Mollusques et de Rayonnés, sont répartis dans les mêmes localités et sur une même échelle. Or, en tant que Vertébrés, Articulés, Mollusques, Rayonnés, leurs

(1) Un exemple rendra cet argument plus sensible à ceux qui ne sont point familiers avec l'histoire naturelle. De l'océan Arctique au cap Horn, l'Amérique embrasse une telle variété de climats et de sols, qu'on peut bien supposer que toutes les causes naturelles capables de donner origine aux êtres organisés ont été ou sont en activité sur ce continent. Or, il y a dans l'Amérique arctique une espèce particulière de Renard; il y en a d'autres dans la zone tempérée du continent, et d'autres encore sous les latitudes plus méridionales. A ces Renards sont associés les animaux les plus divers de toutes les classes, parmi lesquels il s'en trouve dont le domaine géographique est circonscrit dans les limites les plus étroites, et d'autres, en grand nombre, qui ont leurs représentants dans d'autres parties du monde. Évidemment, il faut bien que les agents physiques n'aient pas été la cause de l'existence de tous ces êtres; à moins de dire que ces agents ont opéré avec discernement, qu'ils ont produit sur tout le continent un certain genre de Mammifères partout le même, et placé à côté de lui d'autres animaux des types les plus diversifiés, parfaitement conformes d'ailleurs, pour l'essentiel, avec d'autres êtres de ces mêmes types produits hors du continent américain. Mais alors c'est admettre en d'autres termes que cet acte est l'œuvre d'un être intelligent.

sont construits sur des plans très-différents. J'estime que ce fait est, par lui-même, une démonstration complète de l'entière indépendance de la structure des animaux à l'égard des agents physiques. Je puis ajouter que le règne végétal offre une série de faits exactement semblables. Cela prouve que tous les rapports d'ordre supérieur, soit chez les animaux, soit chez les plantes, sont l'effet d'une cause autre que les influences physiques.

Tandis que tous les représentants d'un même genre ont une structure identique, les diverses espèces d'un genre diffèrent simplement quant à la grandeur, aux proportions des parties, à l'ornementation, aux rapports avec le milieu ambiant, etc. Le mode de distribution géographique des espèces varie à un tel point, qu'il est impossible de trouver dans ce seul fait un critérium, pour les distinguer les unes des autres. D'ailleurs, paraît-il, tandis que certaines espèces projetées sur une surface considérable occupent sur cette surface des aires discontinues, il est d'autres espèces, si étroitement alliées les unes aux autres, qu'on les nomme espèces représentatives, dont chacune n'occupe qu'une de ces aires partielles. La question est donc de savoir comment ont été établies ces limites naturelles assignées à chaque espèce. La croyance générale est aujourd'hui que chacune d'elles a eu originellement un point de départ d'où elle s'est répandue ensuite sur toute l'étendue qu'elle occupe actuellement. Ce point de départ serait même encore indiqué par la prédominance ou la concentration plus grande de l'espèce, en un certain point de son aire naturelle qu'on appelle, en conséquence, *le centre de distribution* ou le centre de création. A la périphérie de son territoire, l'espèce serait plus éparpillée, plus clair-semée pour ainsi dire, et quelquefois les représentants en seraient très-réduits.

La zoologie a fait un grand pas le jour où, grâce à une connaissance plus étendue et plus précise de la distribution géographique des êtres organisés, les naturalistes durent se convaincre que pas un animal ou une plante n'a pu prendre origine sur un point unique de la surface du globe et s'étendre ensuite de plus en plus jusqu'à ce que la terre fût peuplée. Ce fut réellement un progrès immense et qui affranchit la science des entraves d'antiques préjugés. Maintenant, en effet, que nous avons sous les yeux toutes les données de la question, on a peine à concevoir que cette progressive irradiation autour d'un centre primitif ait pu sembler une explication suffisante de la diversité qui, partout, se montre sur la terre. Par admettre des centres distincts de distribution pour chaque espèce dans ses limites naturelles, c'est véritablement couper les faits en deux. Il y a entre les animaux et les plantes, que partout nous trouvons dans un certain état de mélange, des rapports innombrables qu'il est impossible de ne pas regarder comme primitifs et qui ne peuvent pas être le résultat d'une adaptation successive. Or, s'il en est ainsi, il s'ensuit forcément que tous les animaux et les plantes ont occupé, dès l'origine, ces circonscriptions naturelles dans lesquelles on les voit établis et entretenant les uns avec les autres des rapports si profondément harmoniques. Donc, du jour même de leur apparition, les pins ont été des forêts; les bruyères, des landes; les abeilles, des essaims; les harengs, des bancs de harengs; les buffles, des troupeaux; les hommes, des nations! Une preuve frappante, pour moi, que les choses

une répartition géographique différente et distincte, occupent fréquemment des sections de surface habitées en même temps par d'autres espèces qui, dans toutes ces aires partielles, sont parfaitement identiques.

Pour en citer un exemple, je prendrai le Siffleur d'Europe et le Siffleur d'Amérique (*Anas mareca Penelope* et *Anas americana*), ou le Millouin commun et le Millouin à tête rouge (*A. ferina* et *A. erythrocephala*), qui habitent respectivement les parties septentrionales du nouveau continent et de l'ancien pendant l'été, et émigrent vers le sud de ces continents pendant l'hiver, tandis que le Canard ordinaire (*A. boschas*) et le Millouineau (*Anas marila*) sont aussi communs dans l'Amérique du Nord qu'en Europe. Quelle est la signification de ce fait? Indique-t-il que tous ces oiseaux ont été originairement mis au monde dans un seul et même lieu, où on ne les retrouve plus maintenant, puis ont fini par aller se cantonner dans les circonscriptions qu'ils occupent actuellement? — ou qu'ils ont pris naissance, soit en Europe, soit en Amérique, contrées qu'à la vérité tous n'habitent plus, mais où vit au moins une partie d'entre eux? — ou bien qu'ils sont réellement venus au monde dans les circonscriptions qu'ils occupent actuellement? Je suppose mon lecteur trop judicieux pour que j'aie besoin d'autre chose que de discuter les conclusions qui découlent de cette dernière hypothèse. Donc, le Siffleur d'Amérique et le Millouin américain à tête rouge sont originaires de l'Amérique; le Siffleur européen et le Millouin à tête rouge européen sont nés en Europe. Mais le Canard ordinaire et le Millouineau, qui sont communs aux deux continents, sont-ils nés en Europe ou en Amérique? ou bien ont-ils originairement paru à la fois dans les deux mondes?... Je n'irai pas plus loin; j'ai simplement voulu mettre le lecteur en face d'un cas bien précis, de manière à lui faire parfaitement comprendre le caractère de cet argument qui s'applique au règne animal tout entier. Je dis que les faits conduisent pas à pas à la conclusion que le Canard ordinaire et le Millouineau ont originellement pris naissance, à la fois et séparément, en Europe et en Amérique, et que tous les animaux ont certainement apparu en nombre immense; chaque espèce sans doute au chiffre qui en est la moyenne caractéristique et sur toute l'étendue de l'aire géographique qui lui est propre, que la surface en soit continue ou interrompue par la mer, des lacs, des rivières, des différences dans le niveau des eaux, etc. Les détails de la distribution géographique des animaux présentent quelque chose de beaucoup trop judicieux pour qu'on puisse y voir un seul moment l'effet du hasard, c'est-à-dire le résultat des migrations accidentelles des animaux ou de la dispersion accidentelle des semences des végétaux. Plus l'uniformité de la structure est grande dans les organismes ainsi largement disséminés, moins il paraît probable que leur répartition soit l'effet du hasard. J'avoue que rien ne m'a jamais autant surpris que de voir sous le microscope l'identité parfaite des détails les plus délicats de la structure, chez des animaux ou des plantes provenant des parties du monde les plus éloignées. C'est cette remarquable identité de structure dans le même type, cette indépendance absolue entre les caractères essentiels des animaux ou des plantes et leur distribution sous les climats les plus différents que nous connaissions sur la terre, qui m'ont amené à mettre en doute la croyance presque universelle que les êtres organisés sont

influencés par les causes physiques à un degré susceptible de modifier essentiellement leurs caractères.

A. AGASSIZ.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Le Laboratoire de chimie de M. Wurtz.

Dans le cours de l'année dernière, ce laboratoire a été fréquenté par dix-neuf jeunes chimistes, qui se sont occupés des sujets de recherches les plus variés. La plupart de ces travaux ont abouti à des découvertes ou à des observations intéressantes, qui ont été consignées dans des mémoires présentés à l'Académie des sciences et à la Société chimique de Paris.

(Suit l'énumération de ces notices, qui ont pour auteur : MM. Friedel et Ladenburg, Chydenius, Longuinine, Grimaux, Silva, Lippmann, Maxwel Simpson, Oppenheim, Gautier, Buchanan, Wheeler et M. Wurtz lui-même.)

Le laboratoire de la Faculté de médecine a donc fourni, pendant l'année 1867, un contingent de vingt-quatre notes ou mémoires qui n'ont pas été sans influence sur les progrès de la chimie.

Sans vouloir entrer dans les détails que ne comporterait pas la nature de ce rapport, je demanderai à Votre Excellence la permission d'indiquer quelques-uns des points qui ont été traités dans ces mémoires, et qui me paraissent offrir un intérêt particulier.

Parmi les questions qui occupent aujourd'hui l'attention et exercent la sagacité des chimistes, il faut citer l'explication des phénomènes d'isolement. On nomme ainsi l'état de ces corps qui offrent une composition semblable et des propriétés différentes. On se bornait autrefois à constater cet état : on cherche à l'expliquer aujourd'hui. On ne se contente plus de l'attribuer vaguement à un groupement différent des atomes ; on essaye et l'on parvient souvent à fixer ce groupement dans chaque cas particulier. A ce point de vue, les recherches publiées par M. Oppenheim offrent de l'intérêt. Elles ont eu pour objet le chlorure d'allyle, ainsi nommé parce qu'il renferme du chlore uni au groupe d'atomes qui existe dans l'essence d'ail. Les recherches de M. Gautier concernent le même genre de phénomènes et ont conduit à des résultats qui ont vivement frappé les chimistes.

On connaît depuis longtemps un genre particulier d'éthers qu'on nomme *cyanhydriques*, parce qu'ils renferment ce corps si remarquable découvert par Guay-Lussac, le cyanogène. On peut les former par les procédés généraux qui servent à la préparation des éthers ; mais on savait aussi, par les recherches de MM. Malaguti, Dumas et Leblanc, que les mêmes corps prennent naissance par l'action des réactifs très-avides d'eau sur les sels ammoniacaux de certains acides. On désigne sous le nom de *nitriles* les composés engendrés dans ces dernières réactions, et on les a trouvés identiques avec les éthers cyanhydriques. Or, il s'est trouvé qu'on avait confondu sous ce nom deux classes de composés qui sont parfaitement distinctes, bien que ces composés prennent naissance dans la même réaction et qu'ils offrent la même composition. Par une étude très-attentive de leurs propriétés, M. Gautier est parvenu non-seulement à les séparer les uns des autres, mais encore à les caractériser de la manière la plus nette.

Je dois citer une autre observation du même auteur, parce qu'elle est fort inattendue. L'acide cyanhydrique, ce poison redoutable découvert par Scheele, analysé par Berthollet et Guay-Lussac, était connu comme un acide faible. M. Gautier vient de le dévoiler comme base, en décrivant une combinaison qu'il forme avec l'acide chlorhydrique et qui est semblable au chlorhydrate d'ammoniaque.

Dans des travaux poursuivis depuis quelques années, M. Friedel a cultivé un champ de la science peu exploré avant lui. M. Dumas avait rapproché du charbon le corps simple qui existe dans la silice et qu'on nomme *silicium*. Les recherches de M. Friedel ont démontré jusqu'à l'évidence la justesse de ce rapprochement. Après avoir signalé les analogies de composition qui existent entre le chlorure de carbone et le chlorure de silicium, il a obtenu des corps offrant la composition générale de certains composés carbonés simples, tel que le chloroforme, à cela près que le carbone est remplacé par le silicium ; il a même réussi à préparer des combinaisons complexes, renfermant à la fois du carbone et du silicium, et dans lesquelles un atome de silicium prend la place et joue le rôle d'un atome de carbone absent. Ce sont là de beaux résultats que M. Friedel a obtenus, tantôt seul, tantôt avec la collaboration de MM. Crafts et Ladenbourg.

Je me félicite de pouvoir les signaler à Votre Excellence comme le fruit d'une grande habileté unie à une rare persévérance. J'ajoute que les travaux de M. Friedel sont aussi originaux pour le fond que solides par l'exécution. Un juge compétent y découvre sans peine, non-seulement l'exposé de véritables découvertes, mais encore les idées dirigeantes qui les font naître.

Un jeune savant allemand, M. Oscar Liebreich, a démontré que le cerveau et les nerfs renferment en abondance une substance définie et cristallisable, qu'il a désignée sous le nom de *protagon*. D'après ses expériences, cette matière joue un rôle physiologique important dans l'action nerveuse. Elle possède une composition complexe et se convertit, lorsqu'on la soumet à l'action des alcalis, en une substance basique capable de former des sels définis avec les acides, et que M. Liebreich a nommée *névrine*.

On peut retirer le même corps du foie, où il existe tout formé. Par sa composition, il rentre dans une classe de substances basiques qu'on avait formée de toutes pièces, il y a quelques années, en faisant réagir l'oxyde d'éthylène, combinaison d'oxygène et de gaz oléfiant, sur l'ammoniaque ou *sur des corps analogues*. En modifiant légèrement cette méthode, on a réussi à composer artificiellement la névrine et à l'obtenir complétement identique avec le produit naturel.

Bien plus, la méthode ainsi modifiée a pu s'appliquer à la préparation d'un grand nombre d'autres corps, qui présentent avec la névrine les relations les plus étroites de *propriétés et de* composition. Ces derniers travaux sont en cours d'*exécution : je* me borne donc à les mentionner, en faisant remarquer combien les procédés appliqués à la préparation des corps peuvent devenir féconds lorsqu'ils prennent le caractère d'une méthode générale.

ASSOCIATION AMÉRICAINE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES. — Cette Association, tout à fait comparable à l'Association britannique, existe depuis longtemps déjà, quoiqu'elle ne soit guère connue en Europe et surtout en France. Comme l'Association britannique, elle tient chaque année une session dans une des villes des États-Unis. La session de cette année, qui a eu lieu à Chicago, le centre commercial et intellectuel des États agricoles de l'ouest, vient de se terminer.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS ; M. GERVAIS. — M. P. Gervais, professeur de zoologie, anatomie et physiologie comparées à la Faculté des sciences de Paris, vient d'être nommé professeur d'anatomie comparée au Muséum d'histoire naturelle en remplacement de feu M. Serres, conformément aux présentations du Muséum et de l'Académie des sciences.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 41 — 12 SEPTEMBRE 1868

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

SESSION TENUE A METZ.

M. A. CAZIN.

La force et la matière.

Le progrès le plus remarquable accompli en physique dans ces dernières années est sans aucun doute l'établissement de la théorie mécanique de la chaleur. Elle est le premier terme d'une théorie générale embrassant tous les phénomènes naturels, soit dans le monde inanimé, soit dans le monde animé. Depuis qu'il est bien démontré, par un nombre considérable d'observations, que le travail mécanique peut disparaître en même temps qu'une quantité de chaleur proportionnelle apparait, et *vice versâ*, on cherche à établir une corrélation analogue entre les phénomènes d'électricité, de lumière, etc., et le principe de l'équivalence des forces physiques est admis généralement.

Le caractère essentiel de la nouvelle théorie est de ne s'appuyer sur aucune hypothèse relative à la nature intime de la chaleur, et de présenter un enchaînement rigoureux des faits, d'après un petit nombre de principes fondamentaux ·mpruntés à l'expérience. Mais on conçoit qu'elle soit favo·able à certaines hypothèses, et par suite les auteurs de ces ·ypothèses peuvent s'appuyer sur elle dans leurs spécula·ons. C'est ainsi que certaines personnes identifient cette ·éorie avec des idées préconçues et conjecturales sur la con·tution de l'univers. Il semble qu'à son occasion la vieille ·tte des matérialistes et des spiritualistes soit prête à re·itre, et pourtant la théorie mécanique des phénomènes ·ysiques est bien innocente de toutes ces rumeurs qui nous ·tourent.

·'admirable théorie de la gravitation universelle nous a ·bitués à admettre entre deux corps quelconques une attrac·n mutuelle. En observant les lois qui régissent la masse et ·itesse, on a été amené à considérer le produit de la masse · l'accélération comme une quantité géométrique très·mode pour les calculs. Cette expression a reçu le nom de ·e. Le produit de la masse par le carré de la vitesse est · quantité analogue que l'on a appelée la *force vive*. Toute ·on mutuelle entre deux corps peut être étudiée, quelle ·n soit la loi, à l'aide de ces expressions mathématiques. Elles ·ent de base aux théorèmes de la mécanique rationnelle. ·s toute cette théorie, il n'est point question de l'essence ·ne de l'attraction; on coordonne seulement des faits ob·és; on procède suivant les règles les plus rigoureuses de ·éthode expérimentale.

La théorie d'Ampère, relative aux actions mutuelles des aimants et des courants, présente le même caractère. La force attractive ou répulsive des corps qui réagissent est encore une expression mathématique qui ne suppose aucune manière d'être précise de l'électricité.

Mais à côté de ce genre d'actions mutuelles des corps, l'observation nous révèle un nombre considérable d'actions plus complexes. Nous sommes amenés à envisager les corps comme des assemblages de molécules susceptibles de rapprochements ou d'éloignements réciproques, et il n'est plus possible de représenter les lois des phénomènes par les notions de la mécanique rationnelle. De là la multiplicité des hypothèses par lesquelles les uns cherchent à ramener les faits observés aux principes de la mécanique, et les autres essayent de figurer les mouvements intérieurs qui échappent à notre vue.

Le mot *force* perd alors son caractère mathématique; il n'est plus employé que pour indiquer les causes inconnues des phénomènes et pour classer ces causes d'après la comparaison des effets. Le besoin de figurer l'état intime des corps a engendré les fluides électriques, calorifiques, lumineux, magnétiques, et bon nombre de ces fluides ont comme un droit d'asile parmi nous. Et pourtant, en passant en revue les principaux phénomènes moléculaires, vous reconnaîtrez que tout cet échafaudage de fictions doit être banni de la science.

Les particules d'un corps quelconque, solide, liquide ou gazeux, s'attirent mutuellement.

Voici un fil de cuivre dont l'extrémité recourbée est engagée dans un trou, au bout d'une lame de cuivre; on mouille le fil et la lame avec de l'eau de savon, et l'on écarte le fil : une nappe liquide s'étend comme entre les deux branches d'un compas, et l'angle d'écart peut atteindre 60 degrés. Nous projetons cette nappe sur le tableau; ses stries la rendent parfaitement visible. Maintenant on abandonne le fil à lui-même, et vous le voyez se rapprocher vivement de la lame, comme s'il était tiré par un ressort. Où est le ressort? il est formé par les molécules de l'eau qui s'attirent. M. Dupré (de Rennes), à qui nous devons cette expérience, l'a fait servir à mesurer la force d'attraction moléculaire.

Dans une autre expérience du même physicien, nous avons un tube aux extrémités duquel sont des bulles de savon de diamètre inégal. Vous voyez la plus petite diminuer rapidement, tandis que la plus grosse s'accroît; l'air de la première est donc chassé dans la seconde par la contraction de la paroi liquide qui l'enveloppe. Vous concluez de là que la contraction d'une bulle est d'autant plus grande, que la bulle est plus petite, et vous concevez que M. Dupré ait pu mesurer cette contraction, dont la cause est évidemment l'attraction moléculaire du liquide. Le tube porte en son milieu un ro-

binet à trois voies qui sert à souffler une bulle à chaque extrémité séparément, puis à mettre les deux bulles en communication.

Un bel exemple de l'attraction moléculaire des solides nous est fourni par les phénomènes de surfusion et de sursaturation récemment étudiés par M. Gernez (1). Nous prenons une solution d'acétate de soude ; elle a été saturée à chaud, puis on l'a laissée se refroidir en évitant le contact de toute parcelle de ce sel cristallisé. Elle est restée liquide ; on dit qu'elle est sursaturée. Touchons-la avec la plus petite parcelle de sel cristallisé : vous voyez immédiatement de longues aiguilles solides s'étendre dans toute la liqueur, et bientôt elle ne forme plus qu'une masse compacte.

Ce phénomène est très-beau quand on étale une goutte de liqueur sur une lame de verre et qu'on la projette très-agrandie. Il semble qu'on voie les molécules de sel dissous se précipiter à la suite les unes des autres pour constituer les longues aiguilles du solide, et, en se rappelant que le choc crée de la chaleur, on doit s'attendre à un échauffement spontané de la masse. C'est ce qui a lieu en effet.

De la quantité de chaleur créée on peut déduire la force vive disparue, et l'évaluer en kilogrammètres. On a une dépense de travail qui équivaut à la chute d'un certain poids tombant d'une certaine hauteur.

Cette expérience nous montre en outre que l'attraction moléculaire s'exerce dans les cristaux, suivant certaines directions électives, comme si, dans ces sortes de corps, la forme des molécules n'était pas la même dans tous les sens.

La découverte de la dissociation, par M. Henry Sainte-Claire Deville (2), établit un rapprochement remarquable entre l'attraction moléculaire qu'on étudie en physique et l'attraction plus complexe des éléments dont se composent les molécules, et dont l'étude appartient à la chimie.

De même qu'un liquide peut, dans certaines circonstances, se réduire, soit partiellement, soit totalement, en vapeur, de même un corps composé peut se décomposer, soit partiellement, soit en totalité. Pour que la décomposition soit complète sous une pression donnée, il faut, comme pour la vaporisation, que l'on fournisse au corps une certaine quantité de chaleur et que le corps soit à une température déterminée. Si la température est inférieure à celle qui convient à la pression, la décomposition est partielle; elle ressemble à l'évaporation lente de l'eau dans l'air à une température inférieure à 100 degrés. On sait que l'évaporation cesse si la vapeur formée reste à la surface du liquide, dès qu'elle a une certaine tension, d'autant plus grande que la température est plus élevée. Il en serait de même d'un corps composé : si les éléments séparés séjournent au contact du corps, ils ont une certaine tension qui s'oppose à ce que la décomposition continue. Je mets sous vos yeux une ancienne expérience bien connue, mais qui fournit un exemple très-net de dissociation. Nous projetons un fil de platine qui est dans un circuit voltaïque et plongé dans l'eau. Le courant échauffe le fil; des bulles gazeuses le recouvrent aussitôt et montent à la surface : ce sont les gaz de l'eau séparés par la chaleur, à une température inférieure à celle de la décomposition complète.

(1) Voyez une conférence de M. Gernez sur ses travaux, dans notre tome IV, page 218 (2 mars 1867).

(2) Voyez, *sur la dissociation*, deux conférences de M. H. Sainte-Claire Deville, dans notre tome II, pages 18 et 75 (10 et 31 décembre 1864). — Voyez aussi une leçon du même professeur dans le présent volume, page 81 (11 janvier 1868).

D'après l'ensemble des faits de cet ordre, la loi d'attraction chimique serait analogue à la loi d'attraction physique. Ces attractions seraient elles-mêmes analogues à l'attraction newtonienne. Les unes et les autres se représentent mathématiquement par une force qui a toujours la même valeur pour deux masses données à l'unité de distance. Mais la loi des distances ne serait pas la même pour ces trois forces. De telles forces peuvent être appelées des *forces invariables*.

Les phénomènes de chaleur, de lumière et d'électricité présentent un tout autre caractère.

Il est certain que le jeu des trois forces dont nous avons parlé est capable de créer de la chaleur. La plupart de nos sources de chaleur et de lumière doivent leur activité à la destruction des vitesses des corps ou de leurs molécules. Nous exprimons un fait en disant que la force vive est convertie en chaleur. Mais on fait une hypothèse lorsqu'on se représente une quantité de chaleur comme la force vive d'un mouvement particulier qu'on attribue aux molécules. Il est vrai qu'on étend par là les principes de la mécanique rationnelle aux phénomènes moléculaires ; mais rien ne prouve que ces principes soient les seuls qui régissent les mouvements de la matière, puisqu'ils ont été suggérés par l'observation d'un petit nombre de mouvements visibles.

Il est aisé de se convaincre de la différence considérable qui existe entre les causes de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, et celles de la gravitation et des attractions moléculaires. Examinons, par exemple, la transmission de leurs effets d'un corps à un autre.

Je vous rappellerai l'expérience des réseaux qu'on étudie en optique. Un pinceau de lumière blanche rencontre une lame de verre sur laquelle sont tracées plusieurs centaines de traits parallèles dans une étendue d'un millimètre. Au delà s'étalent perpendiculairement aux traits une série discontinue de pinceaux lumineux qui projettent sur un écran des traces irisées. M. Desains a reproduit le même phénomène avec les rayons de chaleur : en promenant une pile thermo-électrique dans toute l'étendue de la bande tracée par les faisceaux lumineux, il a observé une série discontinue de pinceaux calorifiques, dont les lois sont celles des pinceaux lumineux (1).

Cette expérience conduit à l'identité de la chaleur et de la lumière, envisagées comme des modifications des corps. Leur distinction est simplement subjective ; elle est due à nos organes et aux différences d'intensité que présentent ces modifications. Ainsi les rayons les moins réfrangibles sont capables d'affecter l'organe du toucher et d'imprimer la sensation de la chaleur ; les plus réfrangibles sont capables d'affecter l'organe de la vue et d'imprimer la sensation de la lumière ; mais, en dehors de nous, les rayons sont le lieu d'un seul mode de mouvement dont les effets ne se distinguent que par leur grandeur.

Arago a découvert un des plus brillants phénomènes de l'optique. Un faisceau lumineux traverse un appareil de spath d'Islande, qu'on appelle un prisme de Nicol : il semble que ce corps transparent n'ait pas modifié les rayons lumineux ; nous faisons tourner le prisme sur lui-même, et la trace projetée sur le tableau n'éprouve aucun changement. Pourtant le faisceau qui sort de ce prisme est très-différent du faisceau

(1) Voyez un article de M. Desains, ci-dessus page 473 (numéro du 27 juin 1868).

qui y pénètre. En effet, mettons un prisme de Nicol à la suite du premier et faisons-le tourner à son tour; vous voyez que la trace du faisceau projetée sur le tableau éprouve un changement d'intensité. Voici cette trace qui disparaît; l'ensemble des deux prismes joue le rôle d'un corps opaque. La lumière sortie du premier prisme est donc incapable de traverser le second, lorsque celui-ci a une certaine position. On dit que ce faisceau est *polarisé*.

Maintenant plaçons entre les deux prismes une lame mince cristallisée; la trace du faisceau reparaît sur le tableau, mais cette fois avec une coloration, comme si la lame était elle-même colorée, et pourtant il n'en est rien : on enlève l'un des prismes, et le faisceau projeté redevient incolore.

M. Knoblauch vient de faire, en Allemagne, une expérience analogue sur la chaleur rayonnante. Le faisceau de chaleur est reçu par une pile thermo-électrique; en tournant l'un des prismes de Nicol, on éteint le faisceau. En plaçant une lame entre les deux prismes, on voit la chaleur reparaître.

Au lieu de la lame mince, mettons une plaque de quartz taillée d'une certaine manière; nous aurons encore une coloration. Ces colorations changent de nuance quand on fait tourner l'un des prismes, et les lois de tous ces changements sont parfaitement connues.

M. Desains a reproduit des phénomènes analogues à l'aide de la chaleur, en recevant le faisceau sur une pile thermo-électrique, et il a trouvé les mêmes lois que pour la lumière. Toutes les observations s'accordent donc entre elles pour prouver l'identité physique du rayon lumineux et du rayon calorifique. Comme les observations de lumière sont beaucoup plus faciles que celles de la chaleur, nous pouvons prendre nos exemples parmi les premières.

La transmission de la lumière d'un corps à un autre ressemble, sous plusieurs points de vue, à la transmission du mouvement vibratoire des molécules qui engendre les sons. Comme ce mouvement vibratoire résulte de l'attraction moléculaire, et par conséquent s'interprète d'après les principes de la mécanique rationnelle, on a cherché à se figurer les phénomènes lumineux à l'aide de vibrations, et l'on a imaginé l'éther, substance idéale dont les particules exercent une action, soit entre elles, soit sur les molécules des corps. Le génie de Fresnel a su enchaîner tous les phénomènes d'optique à l'aide de cette hypothèse, mais non sans la compliquer de nombreuses hypothèses subsidiaires qui s'écartent notablement des principes de la mécanique. Néanmoins l'enchaînement imaginé par Fresnel est tellement simple en comparaison de ceux qui l'avaient précédé, qu'il restera longtemps comme un tableau aussi fidèle que possible des merveilles de la lumière.

Rappelez-vous ces belles expériences de polarisation chromatique dont l'explication a été donnée par notre illustre Fresnel avec la théorie des ondulations. Entre les deux prismes de Nicol de l'appareil précédent nous plaçons un cristal convenablement taillé, puis nous disposons des lentilles pour projeter sur le tableau les accidents de lumière dont ce cristal est le théâtre. De magnifiques lignes irisées sont traversées par des bandes blanches ou noires, suivant la position des prismes. Les formes de ces images se réduisent à deux types, dont l'un caractérise un groupe de cristaux, et l'autre tous les autres groupes. Avec une trace de cristal nous pouvons déterminer ainsi à quel groupe il appartient. Cherchons maintenant l'explication, en dehors de toute hypothèse sur la nature de la lumière.

Un rayon de lumière est le lieu d'une excitation; si cette excitation atteint librement une molécule, celle-ci entre en mouvement, et il y a entre la source et la molécule une action mutuelle d'un mode particulier; mais deux excitations contraires peuvent atteindre simultanément la molécule; alors elle n'entre pas en mouvement. Voilà comment deux rayons de lumière peuvent, en se rencontrant, se détruire et produire de l'obscurité. De plus, il y a, dans un cristal, une orientation des molécules; certains rayons de lumière qui y pénètrent peuvent donc exciter des ébranlements qui soient en rapport avec l'orientation moléculaire, et se trouver, à la sortie du cristal, dans des conditions telles que leur activité soit modifiée. La lumière est un agent révélateur par excellence, qui établit une relation intime entre les corps les plus éloignés. Par elle, tout changement subi par un corps est accompagné d'un changement corrélatif dans les corps environnants, sans qu'il y ait aucune condition de distance; la chaleur nous montre, en outre, un des caractères remarquables de cette corrélation : c'est une tendance à l'équilibre, en vertu de laquelle le corps froid gagne en activité ce que perd le corps chaud. La lumière et la chaleur sont donc des forces *variables* dans le même corps; mais nous ne devons pas attribuer ici au mot *force* le sens mathématique défini plus haut. Ce mot désignait précédemment un fait physique; il prend maintenant une acception plus élevée; il désigne une cause et nullement une quantité d'effet : il devient un mot philosophique. En voulant l'analyser davantage, nous cesserions d'être physiciens. Notre but n'est pas la recherche des principes essentiels des choses.

Il convient d'employer dans ce sens les mots *chaleur* et *lumière* pour l'exposition des lois de la matière, tant que nos connaissances ne seront pas assez avancées pour qu'une expression mathématique convenable puisse en tenir lieu.

Si nous passons à l'électricité, nous trouvons, par des considérations semblables, qu'aucune expression mathématique analogue à la force de gravitation ne peut remplacer la cause inconnue de ces phénomènes, et que nous devons provisoirement au moins regarder la force électrique comme un principe distinct des précédents, ayant son caractère propre.

Dans tous les effets de l'électricité, magnétisme, diamagnétisme, tension statique, courant voltaïque ou faradaïque, nous observons une orientation des corps et de leurs particules qui est permanente ou temporaire, et qu'on appelle la polarité électrique. La cause ou force électrique a une intensité variable, et elle n'exerce pas son action dans toutes les directions, comme la lumière ou la chaleur. Il semble qu'elle ait pour rôle d'établir une communauté entre les diverses parties d'un système matériel, n'agissant que dans une étendue toujours très-limitée et n'établissant pas de relations entre les corps séparés par des distances considérables. C'est ainsi qu'elle ne joue aucun rôle dans la mécanique céleste, tandis qu'elle se rencontre à chaque instant dans les études physiologiques faites sur les êtres organisés.

Parmi les faits récemment observés, je citerai l'impossibilité de faire passer dans le vide l'étincelle électrique. M. Alvergniat construit à Paris des tubes vides dans lesquels se trouvent deux fils de platine séparés par une distance d'un millimètre; en maintenant le verre chauffé au rouge sombre, avec un vide barométrique suffisamment prolongé,

on finit par rendre ce vide imperméable à l'électricité.

La multiplicité des opérations auxquelles se prête l'électricité est merveilleuse, et l'on conçoit, à la vue de quelques-uns de ses effets, l'influence considérable qu'elle exerce dans

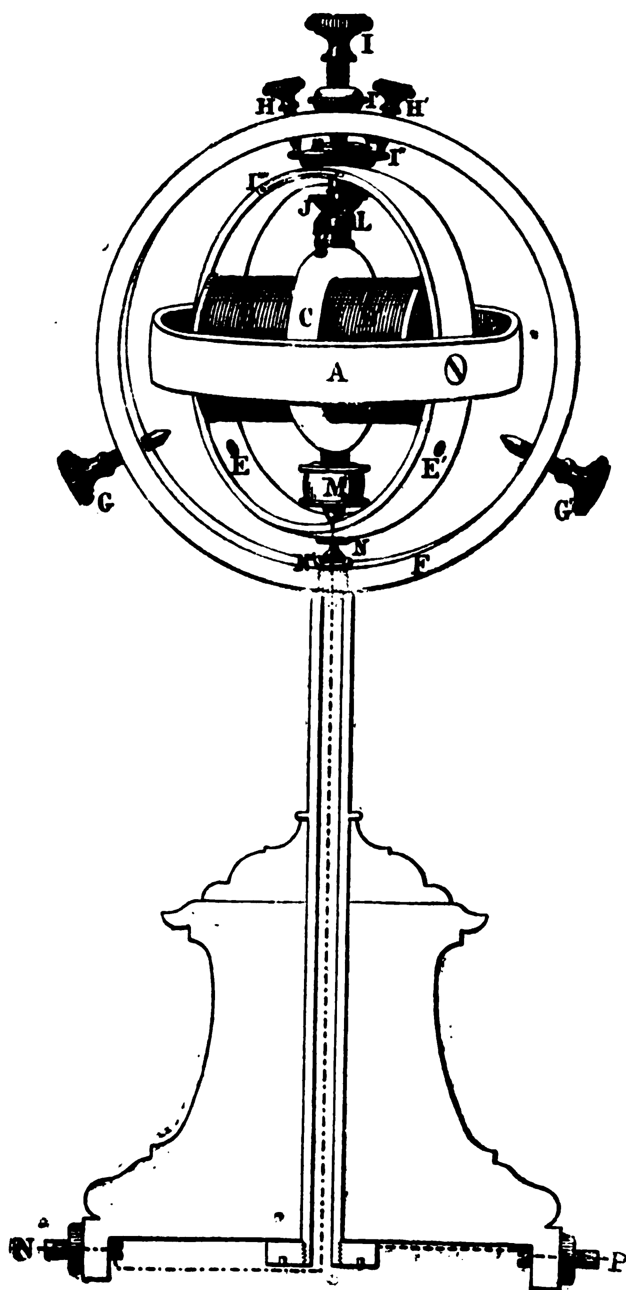


Fig. 120. — Électromoteur de M. Trouvé.

F, anneau vertical fixe supportant les diverses pièces. — BB', électro-aimant rectiligne mobile autour de la ligne IM. — I', disque percé de trous, dans lesquels on enfonce les boutons HH' quand on veut fixer l'électro-aimant. — J, interrupteur; simple roue dentée avec un bord de platine, isolée de l'axe de l'électro-aimant et communiquant avec l'un des bouts du fil métallique de la bobine; l'autre bout communique avec la partie inférieure de l'axe M et avec le bouton N par l'intérieur de la colonne de suspension. — EE', anneau de cuivre isolé du fil de l'électro-aimant en N, et pouvant tourner autour de la ligne IM, indépendamment de l'électro-aimant. — L, ressort fixé à l'anneau EE' et terminé par une goupille de platine qui touche les dents du commutateur pendant la rotation; le courant entre par le bouton P, se fend, par l'anneau fixe F, à la partie supérieure de l'axe I, d'où il passe de l'anneau E au ressort L, et au fil de l'électro-aimant si le ressort touche une dent de l'interrupteur; de là le courant se rend au bouton N. — A, armature de fer doux, de forme annulaire, fixée à l'anneau EE'. Le profil extérieur de cette armature est une circonférence dont le centre est sur la ligne IM, mais le profil intérieur est déterminé par deux demi-circonférences dont les centres sont hors de cette ligne. Il résulte de là que l'épaisseur de l'armature va en croissant depuis un certain point jusqu'au point diamétralement opposé; elle reprend alors son épaisseur minima primitive et croît ensuite jusqu'au point de départ. On voit ainsi que les diverses parties de la face intérieure de l'armature ne sont pas à la même distance de l'axe IM. Lorsque le courant passe, l'électro-aimant et l'armature annulaire tendent à se rapprocher et à laisser entre eux la plus petite distance possible; ils tournent donc jusqu'à ce que les parties les plus épaisses de l'armature se trouvent en face des pôles de l'électro-aimant. A cet instant, l'interrupteur arrête le passage du courant, le mouvement continue par la vitesse acquise; l'interrupteur rétablissant le courant à un instant convenable, l'attraction magnétique recommence et entretient le mouvement toujours dans le même sens. En fixant l'électro-aimant à l'aide des boutons HH, on obtient la rotation de l'armature seule. En éloignant ces boutons et introduisant les boutons GG' dans les trous EE' de l'anneau qui porte l'armature, on retient celle-ci et l'on obtient la rotation de l'électro-aimant seul. Enfin, en laissant les deux pièces libres, on obtient leur mouvement simultané. — M est une poulie dont on se sert pour produire du travail, par exemple pour mettre en mouvement une machine à coudre.

les sciences modernes. Sous la forme de courant, l'électricité permet de réaliser toutes les transformations de la force.

La dissolution du zinc dans la pile est analogue à la combustion du charbon dans une machine à feu. Dans les deux cas, la force chimique rapproche les molécules dissemblables, les rassemble en corps composés; un travail mécanique est dépensé et converti en chaleur. Mais dans la *machine* à feu, nous voyons cette chaleur simplement *transportée* aux corps froids environnants et partiellement reconvertie en travail, tandis que la chaleur créée est distribuée suivant des lois spéciales dans tout le circuit voltaïque. L'électricité est la cause de cette distribution; véritable force dont l'action temporaire est intermédiaire entre celle de la force chimique et celle des autres forces. Le mot *courant* désigne l'état particulier du système dans lequel s'opèrent ces transformations, parmi lesquelles une des plus importantes *est la conversion* de la chaleur voltaïque en travail mécanique.

La question des électromoteurs exerce toujours la sagacité des personnes douées d'un esprit inventif, et il ne se passe guère d'année où une nouvelle machine de ce genre ne fasse son apparition. Aujourd'hui, je vous présenterai un appareil électromagnétique très-ingénieux, imaginé par un *jeune et* habile artiste, M. Trouvé (fig. 120). En le voyant fonctionner, vous reconnaîtrez qu'il est construit dans les conditions les plus avantageuses.

Je ne veux pas quitter cette intéressante invention sans vous présenter quelques autres créations du même artiste.

Ce sont d'abord les bijoux électriques. Une grosse *tête* d'épingle porte extérieurement une petite figure mobile, et intérieurement un électromoteur lilliputien. On y fait aboutir deux fils métalliques, qui partent d'une petite pile à sulfate de mercure. Cette pile ressemble à un étui ordinaire (A, *fig. 003)*. Quand elle est droite, le zinc ne touche pas le liquide, et le courant ne se produit pas; quand on la renverse, le zinc touche le liquide, et le courant traverse l'électromoteur, qui anime à l'instant la petite figure.

A côté de ces appareils récréatifs, nous avons une invention très-sérieuse : c'est une trousse électro-médicale, qu'on ne saurait trop recommander aux médecins; elle réalise un grand progrès dans ce genre d'application de la physique (fig. 121 et 122).

Revenons aux caractères essentiels de la force électrique. Son apparition dans un système matériel est habituellement précédée d'une dépense de travail. Les exemples les plus frappants de cette conclusion nous sont fournis par deux machines nouvelles qui ont vivement excité l'attention. L'une d'elles, la machine de Holtz, vous a été déjà présentée, et

elle est à Metz même l'objet d'études et de perfectionnements importants, qu'il appartient à l'auteur de vous faire connaître. L'autre est la machine de Ladd (1), destinée à la production de la lumière électrique, et dont nous avons ici un modèle destiné à l'enseignement, construit par M. Ruhmkorff.

Ces deux machines produisent l'électricité sous ses deux formes principales et dans des circonstances analogues. Dans la machine de Holtz on a un système contenant un corps faiblement électrisé. Le mouvement de quelques-unes des parties de ce système engendre alors une grande quantité d'électricité, capable de charger une batterie en peu d'instants. Il est évident que nous convertissons du travail en électricité, et que cette énergie particulière est emmagasinée dans la batterie. Lorsque nous réunissons ensuite les deux armatures de la batterie à l'aide d'un conducteur, cette énergie entre en action, et l'électricité se convertit en chaleur qui se distribue dans tout le conducteur; une partie nous apparaît sous forme de lumière dans le jet de vapeurs métalliques qui se détachent des extrémités du conducteur, et qui forment l'étincelle de décharge.

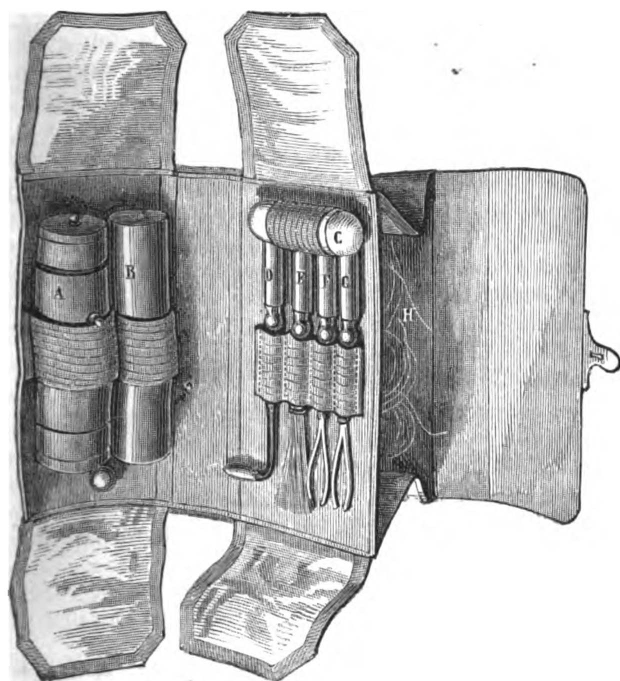


FIG. 121. — Trousse électro-médicale.

A, pile au sulfate de mercure. — B, bobine enfoncée dans les poignées. C'est une petite bobine à induction, analogue à celle de Ruhmkorff. M. Trouvé a modifié l'interrupteur de sorte qu'on puisse faire varier le nombre des interruptions du courant entre des limites très-étendues ; le faisceau de fil de fer peut être enfoncé plus ou moins dans la bobine pour graduer les secousses, comme cela a lieu dans les appareils ordinaires. — C, petit flacon contenant le bisulfate de mercure. — D, boule métallique pour les commotions. — E, brosse métallique, id. — FG, porte-éponges, id. — H, fils conducteurs pour établir les communications.

La polarité qui constitue la charge de la batterie est à la force électrique ce que l'élévation de température est à la chaleur dans un corps quelconque. L'électricité affecte deux modes comme la chaleur : à l'état de tension, elle se conserve ou se transmet sans altération; à l'état de courant, elle disparaît en produisant une autre force qui lui succède. Le courant est une conversion d'énergie comme la fusion, comme la vaporisation, comme la production du travail mécanique par la chaleur. En étudiant la machine de Ladd et ses effets, vous verrez quelques exemples de ces conversions opérées dans le courant.

Lorsqu'on fait tourner un électro-aimant entre les deux branches d'un aimant en fer à cheval, les surfaces polaires de cet électro-aimant s'approchent et s'éloignent alternativement des pôles de l'aimant : le magnétisme du noyau de fer augmente ou diminue donc aussi alternativement, et si le fil de métal qui est enroulé autour du noyau forme un circuit fermé, il est le siége d'un courant électrique qui change de sens à chaque demi-révolution. Tel est le principe de l'appareil de Clarke, qui offre une application bien connue des phénomènes d'induction magnéto-électrique découverts par

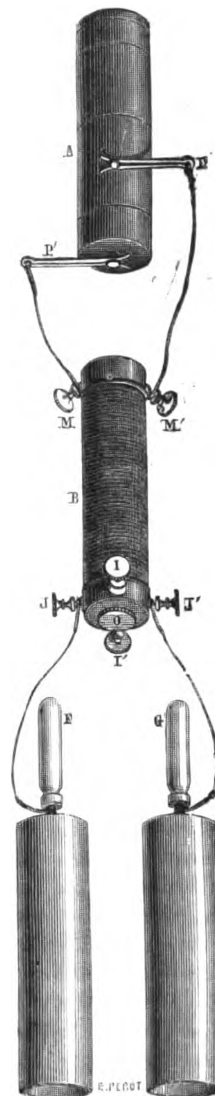


Fig. 122. — Appareil disposé pour les commotions.

A, pile renversée pour que le zinc touche le liquide. — PM, P'M', fils conduisant le courant à la bobine inductrice B. — JF, J'C, fils conduisant le courant induit dans les poignées. — O, faisceau de fil de fer. — Dans la trousse, la bobine B est introduite dans l'une des poignées, et celle-ci est elle-même introduite dans l'autre poignée; on les voit en B dans la figure 121.

(1) Sur cette machine, voyez, dans notre tome IV, page 672 (14 septembre 1867), une lecture de son inventeur, et de MM. Wheatstone, Siemens et C. F. Varley, à la Société royale de Londres.

Faraday. L'axe de la rotation porte une pièce, appelée *commutateur*, qui redresse le courant dans la portion du circuit située hors de l'électro-aimant, et permet d'obtenir dans cette portion une succession de courants de même sens.

M. Siemens, habile constructeur de Berlin, a donné à l'électro-aimant une forme qui augmente beaucoup l'intensité du courant. Aux extrémités de l'aimant fixe sont adaptées deux armatures de fer, qui, sans se toucher, constituent une cavité cylindrique perpendiculaire au plan de l'aimant. Dans cette cavité tourne l'électro-aimant, dont le fil est enroulé parallèlement à l'axe, et dont les surfaces polaires sont sur une surface cylindrique d'un rayon un peu plus petit que celui de la cavité. Quand cet électro-aimant tourne autour de l'axe, ses surfaces polaires viennent à chaque demi-révolution se placer le plus près possible des pôles de l'aimant, et la puissance de l'appareil est par là notablement augmentée.

Nous retrouvons cet électro-aimant dans la machine de Ladd, et c'est lui qui produit le courant électrique dont on utilise la puissance. Mais au lieu d'un aimant fixe, nous avons un nouvel appareil dont l'idée est due, je crois, à M. Wheatstone, comme on a pu le reconnaître à l'Exposition, où était exposé un appareil de ce savant physicien. M. Ladd a le mérite d'avoir appliqué cette idée d'une manière très-heureuse, et d'avoir créé un appareil industriel très-simple, capable de donner la lumière électrique comme les grandes machines de la compagnie *l'Alliance*. Voici en quoi consiste l'innovation. Au lieu d'un aimant fixe, nous avons un électro-aimant avec des surfaces polaires semblables à celles qui ont été décrites. Il est clair que si un courant passe d'une manière continue dans le fil de cet électro-aimant, le mouvement de la bobine de Siemens déterminera dans celle-ci une succession de courants comme précédemment. Voyons comment ce courant continu est engendré.

Une seconde bobine de Siemens, analogue à la précédente mais plus petite, peut aussi tourner dans la cavité cylindrique; si l'électro-aimant est un peu aimanté, la rotation de cette seconde bobine y engendrera une succession de courants d'induction. Un commutateur semblable au précédent redresse ces courants, qui, ramenés à la même direction à chaque demi-tour, vont traverser l'électro-aimant fixe, et augmentent son magnétisme : dès lors la bobine mobile engendre des courants plus intenses, qui continuent à augmenter le magnétisme de l'électro-aimant, et ainsi de suite. On comprend que l'électro-aimant fixe et la bobine en mouvement exercent une action mutuelle qui augmente d'une part le magnétisme de l'un et le courant de l'autre. Voilà donc un moyen nouveau, très-original, d'augmenter par le mouvement la puissance d'un électro-aimant. C'est en cela que consiste le principe fondamental de la nouvelle machine. Le fer de l'électro-aimant fixe a été aimanté une première fois, et conserve toujours assez de magnétisme pour le fonctionnement indéfini de l'appareil.

Les deux bobines mobiles sont ajustées sur le même axe à angle droit, et elles sont mises en mouvement par une grande roue motrice à l'aide d'une corde sans fin. On peut appeler, l'une *excitateur* du magnétisme, l'autre *générateur* du courant. Lorsqu'un homme fait tourner les bobines, on obtient un courant qui rougit un fil de platine de 20 centimètres de long, et de $\frac{1}{5}$ de millimètre de diamètre, qui décompose l'eau très-énergiquement, qui produit entre deux cônes de charbon un arc voltaïque comparable à celui de 30 couples de Bunsen. C'est donc un appareil de cours très-recommandable pour l'enseignement.

L'explication que j'ai donnée de la machine de Ladd n'est qu'un moyen de rattacher un phénomène nouveau à des faits déjà connus. Pour que la théorie fût satisfaisante, il faudrait dire quelles sont les modifications opérées dans tout l'appareil, et par quelles opérations moléculaires le travail mécanique est converti d'abord en électricité, puis en chaleur, en travail chimique, etc., suivant la disposition du circuit qui est le siége du courant. Une semblable théorie n'est pas possible encore, mais il y a lieu d'espérer que ces curieuses machines offriront non seulement un intérêt pratique et industriel, mais surtout un intérêt scientifique d'un ordre plus élevé. Les chercheurs y trouveront un nouveau champ d'exploration, et de même que la célèbre bobine de Ruhmkorff, la machine de Holtz et celle de Ladd, renversant l'hypothèse surannée des fluides électriques, contribueront sans doute au progrès de la philosophie naturelle.

Nous avons vu dans quel sens était pris le mot force dans la mécanique rationnelle. Il peut être conservé dans ce sens, lorsqu'il s'agit de la gravitation universelle, de l'attraction moléculaire physique ou chimique. Il n'implique aucune hypothèse sur la nature des causes de ces phénomènes, et reste l'expression précise et mathématique d'un fait observé.

Mais lorsqu'il s'agit de la chaleur, de la lumière, qui ne présentent qu'une différence subjective, de l'électricité sous ses diverses formes, le mot force change de signification.

Les hypothèses par lesquelles on a essayé de ramener les phénomènes aux notions ordinaires de la mécanique ont une complexité croissante, à mesure que les découvertes expérimentales se multiplient. Si nous voulons éviter ces hypothèses enfantées par notre imagination, suggérées par le désir de tout voir, de tout figurer, nous devons employer le mot force dans un sens plus philosophique, pour désigner une cause inconnue dans son essence. La classification des forces naturelles résulte alors de la comparaison de leurs effets. C'est ainsi que nous distinguons :

1° La force gravifique, caractérisée par son invariabilité dans le temps et dans l'espace, et présidant à l'arrangement des corps visibles.

2° La force moléculaire, également invariable et présidant à l'arrangement des particules intégrantes des corps.

3° La force calorifique, d'intensité variable dans un même corps, tendant à s'équilibrer entre les corps, et établissant entre eux une sorte de lien révélateur, quelles que soient leurs distances. Par elle nos sens peuvent recevoir l'excitation extérieure de laquelle dépend la connaissance de la distance et de l'état des corps les plus éloignés.

4° La force électrique, d'intensité variable comme la précédente dans un même corps, tendant à une orientation moléculaire qui met en équilibre les diverses parties du corps et y distribue les excitations venues du dehors. Par elles nos nerfs transmettent les impressions au cerveau, et son intervention précède la sensation. Je n'ai pas craint de faire intervenir l'être vivant pour expliquer ma pensée.

Est-il possible en effet de séparer complétement le monde inanimé du monde animé, dont le rôle est incomparablement supérieur? S'il est utile pour l'avancement de la science que l'étude se subdivise et que les lois partielles soient l'objet de recherches distinctes, n'est-il pas évident que nous n'avons pas le droit de considérer une loi particulière comme une loi

dividu entier? Or, l'emploi du mot force nous conduit hors des limites de l'observation purement physique, et nous fait chercher une synthèse pour laquelle nous avons besoin de toute la puissance dont nous a dotés le Créateur. Le secret de cette synthèse n'est-il pas dans l'être vivant, qui résume en lui l'emploi de toutes les forces naturelles, et non dans le corps inanimé, qui n'est qu'une infime partie de l'univers?

Or, dans l'être vivant, nous trouvons un principe distinct de la matière, l'âme, dont l'existence est plus certaine peut-être que celle de la matière. Nous y trouvons aussi ce second principe, la matière, non moins difficile à définir que l'âme; car ces deux principes ne sont ni l'un ni l'autre susceptibles d'être figurés. Quand nous parlons des corps qui, eux, sont bien réellement assujettis aux conditions de temps et d'espace, quand nous parlons de molécules, nous désignons par ces mots certaines portions de l'étendue qui sont le théâtre de phénomènes, c'est-à-dire de modifications qui sont essentiellement fonctions du temps; mais nous sortons du rôle de physiciens quand nous essayons de scruter le mystère de la molécule, quand nous posons des problèmes comme celui du vide et du plein; et nous sommes avertis des erreurs dans lesquelles nous tombons lorsque nous cherchons à tirer de nos rêves leurs conséquences rationnelles, et que ces conséquences sont en contradiction formelle avec les notions que nous *fait* acquérir l'étude des diverses branches des connaissances humaines.

Les deux principes essentiels de notre être, âme et matière, ont entre eux un lien. Nous ne pouvons le figurer, puisque ni le temps ni l'espace ne s'appliquent à ces principes; nous ne *connaissons que* ses effets.

Pourquoi la force ne serait-elle pas un principe essentiel ayant le même caractère transcendant, mais ayant pour rôle spécial de servir d'agent intermédiaire entre l'âme et la matière? Si cette conception de M. Hirn réalise mieux que toute *autre* la synthèse des forces physiques, n'est-ce pas elle qui *doit* prévaloir, et n'est-ce pas à elle qu'il est réservé d'unir étroitement ce qu'on a l'habitude d'appeler la science positive et la philosophie?

A. Cazin.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)

(de l'Institut).

XIX

tendue comparative des variations des caractères internes dans les races animales et humaines.

Après avoir examiné dans les races les caractères extérieurs, ous devrions prendre un à un tous les organes internes, et oursuivre successivement leur comparaison chez l'homme t chez les animaux. Malheureusement nous manquons des matériaux qui nous permettraient de poursuivre rigoureusement l'anatomie comparée des races animales, et même des races humaines, est encore à peine ébauchée, et je ne puis apporter ici que quelques faits le plus souvent sans liaison entre eux.

Et pourtant le peu que nous savons suffit pour justifier une fois de plus cette conclusion qui vous est déjà familière, que l'étendue des variations des caractères de race est toujours plus grande chez les espèces animales qu'elle ne l'est de groupe à groupe parmi les hommes.

Voici d'abord un fait qui se rattache à des observations dont je vous ai déjà fait part. Nous avons dit de l'homme et de la poule que leur peau présentait également les trois couleurs : blanche, jaune et noire. Or, chez certains animaux comme chez certains hommes, le mélanisme n'est pas seulement extérieur, il pénètre profondément dans l'intérieur du corps.

Depuis longtemps on avait affirmé que le cerveau du nègre se distinguait du cerveau du blanc par sa coloration plus foncée. M. Rayer saisit avec empressement une occasion qui s'offrait à lui de vérifier le fait. Il fit préparer par ses élèves, hors de sa présence, un cerveau de nègre en même temps que plusieurs cerveaux de blancs. Puis il entra, accompagné de plusieurs médecins et internes, dans la salle où étaient disposées sur une table les diverses préparations, et personne n'hésita à désigner dans le nombre quel était le cerveau du nègre.

Parmi les assistants se trouvait M. Gubler. Il ne voulut pas s'en tenir à cette observation véritablement expérimentale, qui avait pour lui le tort de porter sur deux types extrêmes, et il résolut d'étudier comparativement, au point de vue de la coloration, des cerveaux d'individus qu'on pouvait regarder comme représentant des types intermédiaires entre le blanc et le noir. Il examina donc des cerveaux d'Européens blonds et bruns, et il arriva à reconnaître que chez les derniers, cet organe présentait une coloration presque égale en intensité à celle que l'on avait dit être spéciale aux nègres. Il s'agissait cependant d'individus n'ayant pas la moindre trace de sang nigritique dans les veines. M. Gubler remarqua, en outre, que la coloration des méninges était en général bien plus prononcée que celle du parenchyme.

Voilà donc un caractère qui est bien loin d'appartenir exclusivement, comme on l'avait pensé, aux populations nègres. Ce n'est pas non plus chose indifférente que d'avoir constaté, pour les organes intérieurs, l'existence de degrés insensibles entre les variations extrêmes d'un caractère tel que la coloration. Vous vous rappelez que nous avons fait la même observation à propos des types humains que les différences extérieures les plus marquées paraissent au premier abord séparer d'une manière absolue.

Certains animaux présentent un fait analogue à ce mélanisme intérieur que nous venons de constater chez l'homme. Ainsi chez la poule de soie du Japon, dont la peau est noire, bien que le plumage soit entièrement blanc, la couleur de l'épiderme se retrouve dans les membranes qui séparent les muscles, dans les aponévroses. M. Roulin nous dit qu'à Bogota les poules nègres sont communes, d'abord comme variétés, qui passeraient bien vite à l'état de race. Mais on les tue à cause de l'aspect peu attrayant que donne à leur chair, ou plutôt aux membranes fibreuses et aux gaines musculaires, le pigment qui a pénétré jusqu'à elles. Jamais, chez l'homme, il ne s'est rien produit de pareil parmi les races nègres les plus accusées.

---

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 59, 579, 592 et 621, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, er, 8, 15 et 29 août 1868.

Il est un autre fait qui peut donner lieu à quelques remarques comparatives. Chez l'homme et chez la plupart des animaux, mais à un bien plus haut degré chez certains d'entre eux, il existe au-dessous de la peau un tissu cellulaire, dans les mailles duquel s'accumule la graisse. Il en résulte une couche qui prend le nom de lard lorsqu'elle est très-épaisse, chez le cochon, par exemple. Parmi les animaux, il y a des races qui sont caractérisées par leur aptitude à l'engraissement. Il en est de même parmi les hommes, et l'on connaît des populations chez qui on cherche parfois à développer le tissu adipeux par suite d'idées ou de coutumes particulières, et dans des buts différents. Ainsi, dans les harems, l'embonpoint exagéré des femmes est regardé comme une beauté. Il paraît qu'en Chine il est indispensable à la majesté de l'homme élevé en dignité. Ce sont les races jaunes qui en général présentent cette tendance à l'obésité; mais chez aucune rien ne rappelle cette exagération d'une aptitude naturelle dont le bœuf durham, les porcs du Yorkshire et du New-Leicester, ainsi que le mouton dishley, nous offrent de monstrueux exemples.

Au même ordre de considérations se rattache un fait qu'on observe chez une population du sud de l'Afrique. Dans la race Houzouana, les femmes portent au bas des reins une masse parfois énorme, comme l'atteste le moule de la Vénus hottentote exposé dans nos galeries. Deux voyageurs dont je vous ai déjà cité les noms, Sommerville et Barrow, n'ont vu dans cette proéminence que le résultat d'une grande accumulation de matière graisseuse. Cuvier en a également attribué l'existence à un amas de graisse venant se loger dans les alvéoles d'un tissu cellulaire très-lâche. Il n'y a donc pas là un organe nouveau. D'ailleurs, la *stéatopygie* n'est pas l'apanage exclusif de la race hottentote. Elle se retrouve, bien au nord, chez d'autres populations africaines, qui n'ont cependant par leurs autres caractères aucun rapport avec les Hottentots ou les Boschimans. On alléguera peut-être un ancien croisement. Dans tous les cas, le témoignage de Livingstone nous apprend que, chez les populations européennes qui habitent le Cap, on remarque une tendance analogue qui se développe sous l'influence du milieu ainsi que des habitudes de certains colons. C'est ce qui arrive aux femmes des Boërs, ou colons de race hollandaise. La stéatopygie n'est donc point un caractère exclusif des populations hottentotes.

D'ailleurs, quand même on ne la rencontrerait que chez elles, on n'aurait pas pour cela le droit d'en faire un caractère spécifique. En effet, un phénomène analogue s'observe chez certains moutons. Pallas l'a rencontré dans une race domestique élevée par des hordes à moitié sauvages de l'Asie centrale. Chez ces moutons, la queue a disparu, et l'on peut sentir avec le doigt qu'elle s'est réduite à un petit coccyx. Mais à droite et à gauche se sont développées deux masses graisseuses hémisphériques pesant 15 à 20 kilogrammes. Il est évident que, toute proportion gardée, la stéatopygie n'atteint jamais chez les Houzouanas de pareilles limites. Dira-t-on que ces moutons forment une espèce particulière? On ne le peut pas. En effet, quand les Russes emmènent ces mêmes animaux pour les élever dans d'autres contrées, les masses graisseuses disparaissent. Elles constituent donc un caractère de race, et de plus un caractère local qui s'efface hors des lieux où il s'est développé.

Les autres parties molles nous présenteraient bien peu de particularités qui aient été étudiées d'une manière précise. Je passe donc immédiatement au squelette. Ici même les lacunes sont encore bien nombreuses. Les squelettes des représentants des principales races animales sont trop rares dans les musées. On formerait pourtant, en les multipliant, une collection également précieuse pour la zoologie et pour la paléontologie, où l'anthropologie irait chercher des enseignements de la plus haute valeur. J'essaye en ce moment de réunir une collection de têtes se rapportant aux différentes races d'animaux domestiques, et, sûr de l'appui de mon collègue M. Bouley, je ne désespère pas de mener à bonne fin cette entreprise. Toutefois, en dépit de la rareté des observations précises, les quelques données que nous possédons sur ce point concordent avec tous les faits que je vous ai cités jusqu'ici.

Dans le squelette, je m'occuperai d'abord des extrémités. Le chien a cinq doigts bien formés aux pieds de devant et quatre seulement aux pieds de derrière, plus un doigt rudimentaire qui disparaît dans certaines races, en général petites, tandis qu'il se complète dans certaines grandes races. Alors il devient égal aux autres, et il se développe un os du tarse ainsi que deux os métatarsiens, avec un ensemble des parties molles correspondantes. Je vous ai déjà dit, à propos du cochon, *que, dans* la race solipède, connue dès l'antiquité, au lieu de deux sabots à chaque pied, il n'y en a qu'un seul. Mais là ne se borne pas l'anomalie. Le pied du porc se compose de deux petits doigts latéraux et deux grands médians. Or, dans le pied examiné par Frédéric Cuvier, un doigt surnuméraire s'était développé entre les deux médians, et tous les ongles s'étaient soudés en un seul sabot. A ce propos, Isid. Geoffroy fait observer avec raison que cette organisation constituait une véritable *polydactylie :* c'est ainsi qu'il désigne *un cas de tératologie* légère dans son bel ouvrage sur les monstruosités. Dans certains cas, il s'est manifesté chez l'homme des tendances à présenter un phénomène analogue de multiplication des doigts. J'aurai plus tard à vous parler de familles sexdigitaires. Toutefois, jamais on n'a vu ce caractère exceptionnel *se perpétuer* dans aucune race humaine; on ne connaît pas *non* plus de cas de soudure entre les doigts des extrémités. Ainsi, sur ce point encore, l'animal conserve sa supériorité pour l'étendue des variations que présente, chez nous et chez lui, le même caractère.

Je ne puis, en parlant des membres supérieurs, passer sous silence un très-bon travail de M. Broca. Mon savant collègue à la Société d'anthropologie a comparé les longueurs relatives du bras, de l'avant-bras et de la clavicule chez les blancs et chez les nègres. Les longueurs extrêmes de la clavicule *se* rencontrent chez l'Européen et chez la négresse dans le rapport de 100 pour le premier à 107 pour la seconde. Mais il n'y a rien là de comparable à ce que Darwin a observé chez les pigeons. En effet, non-seulement chez eux la longueur de la clavicule est fort peu constante, ce qui pourrait s'expliquer par les différences de taille, mais de plus les deux os claviculaires varient de courbure et de forme. Vous pouvez en juger par les dessins que je mets sous vos yeux.

La colonne vertébrale, cet axe osseux du squelette, est loin d'être immuable, et présente de race à race des faits de variations analogues à ceux que je vous ai déjà indiqués. Je ne parlerai que de la multiplication des éléments qui la composent, sans rien dire de leur forme, car cela nous entraînerait trop loin.

Un Anglais, M. Eyton, a examiné plusieurs races porcines.

au point de vue du nombre des vertèbres, puis a résumé ses observations dans le tableau suivant :

Vertèbres.	C. anglais.	C. d'Afrique.	C. de Chine.	Verrat.
Cervicales.......	7	7	7	7
Dorsales.........	15	13	15	14
Lombaires.......	6	6	4	5
Sacrées.........	5	5	4	4
Caudales........	21	13	19	23
Totaux........	54	44	49	53

Vous voyez que le nombre des vertèbres varie dans toutes les parties de la colonne vertébrale, sauf dans la région cervicale, et que l'écart maximum est de 54 à 44. M. Sanson a vu dans ces variations des caractères d'espèces, car chez lui le mot de race n'a pas d'autre sens. Mais les recherches de Nathusius prouvent qu'au moins une des trois espèces de M. Sanson n'est certainement qu'une race.

Vous remarquerez que c'est surtout la variation du nombre des vertèbres caudales qui augmente l'écart des totaux. Or il est clair, d'un autre côté, que les espèces chien et brebis accuseraient, pour cette raison, des différences de races plus considérables encore. On dira peut-être, afin d'atténuer la portée de ces observations, que le nombre des vertèbres de la queue répond plutôt à un caractère extérieur n'ayant rien d'intime ni de fondamental. Cependant, si, chez l'homme, le coccyx venait à présenter des variations analogues, on ne manquerait pas de leur donner une grande importance et d'en tirer un puissant argument en faveur de la multiplicité des espèces humaines.

La multiplication des vertèbres dorsales entraîne celle des côtes. Un fait semblable a été signalé par Philippi, chez le bœuf du Piacentino, qui a 13 vertèbres dorsales et 13 côtes au lieu de 12. Voilà pourtant une de ces différences anatomiques qui, si l'on n'était pas fixé dans ce cas sur l'unité spécifique des animaux en question, pourrait être prise facilement pour un caractère d'espèce.

On a constaté parfois chez l'homme une tendance à réaliser des variations analogues à celles dont je viens de vous donner des exemples; mais les résultats n'en sont jamais aussi complets. Hamilton Smith rapporte, d'après un médecin allemand qui avait fait des observations sur les bataillons nègres du Kordofan, que chez quelques individus du Dongola et du Sennaar, on compte une vertèbre de plus que chez les Européens. Le docteur Madden (*Travels*) a signalé un cas analogue, et M. Vrolick a constaté, chez toute une famille hollandaise, l'existence d'une vertèbre supplémentaire, précisément dans la région cervicale, pour laquelle, chez le porc, nous avons trouvé le nombre des éléments invariable.

Dans tous les cas, la variation du nombre des vertèbres n'est jamais, chez l'homme, qu'un fait individuel ou tout au moins très-restreint, et qui n'a jamais donné naissance à une race. C'est déjà là, entre les animaux et lui, une différence considérable. De plus, si l'on tient compte de la queue, cette variation est peut-être de 1 chez l'homme, tandis que vous l'avez vu de 10 pour l'animal. Si l'on supprime la queue et que l'on compare région par région, pour un écart de 1 chez l'homme, on en trouve un de 2 chez l'animal. Les limites sont donc au moins deux fois plus étendues pour ce dernier.

Il semble que la tête, à raison de l'importance des organes qu'elle renferme, devrait être la partie du squelette la moins variable d'une race à l'autre. Cependant c'est plutôt le contraire qui est vrai. Quoi qu'il en soit, Blumenbach fait observer avec raison qu'entre une tête de sanglier et une tête de cochon, la différence est bien plus considérable qu'entre une tête de blanc et une tête de nègre. Il en est de même pour les chèvres, dont le chanfrein est tantôt concave, tantôt convexe.

Chez le chien, le premier coup d'œil suffit pour se faire une idée des variations que présentent, en tenant compte de la différence de taille, les têtes de dogue, de bouledogue, de barbet et de lévrier. Voici ces têtes, et je vous engage à remarquer chez certaines d'entre elles les crêtes qui se développent, ainsi que les variations du rapport d'étendue de la boîte osseuse renfermant le cerveau à la face elle-même.

Cependant les races bovines présentent, du moins pour ce qui est de la face, des écarts plus considérables encore. Le bœuf gnata forme une race dans l'Amérique du Sud. Je mets sous vos yeux une photographie que je dois à Darwin, qui a vu un crâne rapporté par le capitaine Sullivan. Je n'ai besoin de vous faire remarquer ni cette face raccourcie, qui fait que le bœuf gnata réalise, en l'exagérant encore, le type bouledogue, ni cette courbure énorme de la mâchoire inférieure, ni son prolongement au delà de la mâchoire supérieure.

Cette race a donné lieu, dans la Société d'anthropologie, à une discussion sur laquelle je reviendrai plus tard; mais je ne puis cependant passer complétement sous silence les faits qui y ont été rapportés. M. Sanson s'est attaché à démontrer que le bœuf gnata ne constituait pas une race dans le vrai sens du mot; il a dit que l'on ne possédait d'autre témoignage que celui de Darwin, et a invoqué à ce propos l'adage *testis unus, testis nullus*. Mais, déjà dans le siècle dernier, d'Azara en parlait. Lacordaire, aujourd'hui professeur à Bruxelles, avait été envoyé en mission, il y a trente ans, en Amérique. Il y trouva les gnatas si répandus, si bien acceptés pour une race, que les Européens, peu au courant de son origine, les considéraient comme les bœufs indigènes. Nous savons cependant que, comme toutes les autres races bovines d'Amérique, ils descendent d'ancêtres européens importés dans le nouveau monde. A ces témoignages se joint celui de Darwin, et surtout les renseignements donnés *de visu* par D. F. Muniz de Luxan, homme connu comme très-honorable par M. de Moussy. Ce témoin oculaire raconte qu'il y a quatre-vingts ans, le gnata était rare à Buenos-Ayres, au point d'y être pour ainsi dire une curiosité : on le disait venu des régions désertes du sud de la Plata, où il formait une race vivant presque à l'état sauvage. Depuis il s'était multiplié à Buenos-Ayres. Il est vrai que M. de Moussy n'y en a pas vu; mais ce fait s'explique, car M. Vavasseur m'a appris que, lorsqu'il en naît aujourd'hui, on les tue soigneusement.

Un seul fait d'ailleurs suffit pour prouver que le gnata formait une race bien assise, c'est que l'union des deux individus appartenant à ce type reproduisait toujours le type gnata, et que dans les croisements, les métis présentaient des caractères mixtes, parmi lesquels ceux du gnata étaient encore très-prononcés. On sait même que la femelle transmetait les siens d'une manière plus marquée que le taureau. Il s'agit donc d'une race parfaitement caractérisée qui s'était formée dans des circonstances restées inconnues. La multiplication a dû être toute naturelle. Aucun intérêt ne poussait à la favoriser; car, en temps de sécheresse, le gnata ne peut brouter aux arbres comme le bœuf ordinaire, et doit être nourri de fourrages.

Au surplus, les observations récentes de M. Dareste expliqueraient très-bien comment les choses ont dû se passer, comme nous le montrerons plus tard.

Je crois inutile de parler des différences de la face, chez certaines races domestiques de canards ou de pigeons, sur lesquelles j'ai déjà eu l'occasion d'appeler votre attention. Il est clair que des différences de ce genre n'existent jamais entre races humaines.

Je passe immédiatement aux variations du crâne dans plusieurs espèces. Ces variations sont souvent très-marquées. Vous n'ignorez pas combien elles sont considérables d'un crâne de dogue à un crâne de barbet. Elles sont encore bien plus frappantes chez les poules huppées qui, dès longtemps, ont appelé l'attention par les particularités qu'elles présentent, puisque Pierre Bonelli les signalait dès 1676. Blumenbach a repris leur étude en 1813, et en 1856 Tegetmayer leur a consacré un mémoire spécial dans les *Proceedings* de la Société zoologique de Londres. Je n'ai pas besoin de vous faire remarquer combien la saillie de la partie antérieure de l'os frontal et les énormes ampoules osseuses qui se sont développées des deux côtés de la ligne médiane donnent au crâne de cette poule un aspect différent de celui que présente le crâne uni et lisse de la poule ordinaire. N'oubliez pas surtout que le cerveau, presque hémisphérique chez cette dernière, reproduit nécessairement chez la poule huppée les irrégularités si considérables que présente ce crâne en forme de gourde.

Voyons maintenant si la tête humaine présente jamais des variations d'une étendue égale. Il suffit de rapprocher deux crânes de nègre et de blanc des crânes appartenant aux types extrêmes de chien, de bœuf ou de poule, pour se convaincre que les limites des variations sont bien plus étendues dans les races de ces trois espèces que dans les types extrêmes de l'humanité.

Précisons encore deux particularités. Le rapport de l'aire de la face à l'aire du crâne a été évalué pour les races blanche, jaune et noire par Cuvier, qui l'obtenait à l'aide d'une section antéro-postérieure. Voici le tableau dans lequel il a résumé ses observations :

Races.	Crâne.	Face.
Blanche	0,80	0,20
Jaune (Kalmouk)	0,78	0,22
Noire	0,76	0,24

La différence des aires respectives chez les deux types extrêmes, le blanc et le noir, est de 0,04 seulement. Il suffit d'opposer la tête du dogue à celle du barbet, et de supposer faites les sections longitudinales correspondantes, pour concevoir l'idée de différences autrement considérables.

Le seul point sur lequel je désire appeler votre attention d'une manière spéciale est la capacité absolue du crâne. De tout temps on lui a accordé avec raison une grande importance. Mais on a eu le tort de l'exagérer aussi, et de ne pas assez tenir compte de l'entrecroisement que présentent chez les divers groupes humains les variations mêmes de ce caractère. J'emprunte à ce sujet les tableaux dressés par deux écrivains et deux observateurs polygénistes. Vous pouvez donc en accepter les chiffres en toute confiance et sans redouter aucune exagération, au moins dans le sens de mes idées.

Le premier tableau appartient à Morton. La capacité absolue des crânes appartenant à plusieurs races humaines y est exprimée en pouces cubes. J'y ai ajouté la différence entre les minima et les maxima observés dans chaque race, ainsi que la différence maxima qui existe entre les capacités moyennes calculées aussi pour chaque race :

Peuples.	Nombre des crânes mesurés.	Capacité moyenne.	Capacité maximum.	Capacité minimum.	Différences.
Blancs	52	87	109	75	34
Jaunes. Mongols	10	83	93	69	24
Jaunes. Malais	18	81	89	64	25
Peaux-Rouges	147	82	100	60	40
Nègres	25	78	94	65	29
Différence maximum entre les moyennes des races					9

Il est évident que si nous opposons à ces résultats la comparaison des crânes du bouledogue et du barbet, en les supposant ramenés à l'égalité de proportions, les différences de capacité seraient bien plus intéressants.

Ce tableau suggère en outre une remarque importante. Nous y voyons que les variations d'individu à individu dans chaque race sont plus grandes que les variations de race à race. Un caractère présentant une pareille anomalie ne saurait être évidemment un caractère d'espèce.

Un autre polygéniste, Davis (*les Mondes*, 2e série, t. VII, p. 121), a recherché le poids des cerveaux, ce qui est une autre manière d'apprécier la capacité crânienne. Et de plus, le premier, il a tenu compte des enveloppes et des liquides cérébraux. Il a trouvé que, pour avoir le volume vrai du cerveau après la suppression de ces éléments, il fallait diminuer à peu près de 0,15 la capacité calculée du crâne. Ici vous ne trouverez que des moyennes; bien des détails sont encore inconnus, mais certainement les faits généraux seront confirmés mieux encore lorsqu'on aura calculé *les maxima* et minima.

Poids moyen des cerveaux des diverses races humaines (Davis).

	Kilogr.
Anglais	1,367
Cafres	1,365
Araucans	1,361
Birmans	1,357
Siamois	1,336
Malais	1,334
Esquimaux	1,319
Allemands, Dahomans	1,313
Peaux-Rouges	1,310
Sud-Himalayens	1,304
Roumains	1,303
Japonais	1,299
Français, Amizcas, Bogota, etc.	1,253
Nègres indéterminés	1,249
Bohêmes	1,245
Berbères	1,233
Nord-Américains (tribus barbares)	1,214
Caraïbes	1,199
Hindous	1,193
Australiens	1,185
Boschimans	1,125

		Kilogr.
Moyenne générale	Europe	1,328
	Asie, Afrique, Amérique	1,268
Différence maximum		0,242
Rapport entre l'Anglais et le Boschiman		0,822

Davis avait, dans son tableau, suivi l'ordre géographique

pour les principales races d'Europe, d'Asie, d'Afrique et d'Amérique. J'ai préféré placer en série décroissante les chiffres donnés par lui, pour en faire ressortir quelques enseignements remarquables.

Vous avez certainement remarqué, qu'après les Anglais, pour qui la moyenne du cerveau est la plus élevée, arrivent les Cafres et les Araucans; que les Allemands viennent seulement après les Esquimaux sur le même rang que les Dahomans; que les Français sont plus loin encore dans la série, bien éloignés par conséquent de leurs voisins les Anglais. Vous les voyez réunis à des populations américaines intelligentes, mais immédiatement suivis des peuplades nègres indéterminées de la côte occidentale du golfe de Guinée, qui sont voisines par conséquent des Dahomans dont le nom se trouve sur la liste bien plus rapproché de celui des Anglais. Enfin, c'est seulement à la fin que nous voyons figurer nos frères les Hindous, race blanche qui a donné tant de signes de sa valeur et qui touche aux Australiens.

Voilà certes qui montre au plus haut degré possible l'entrecroisement parmi toutes les races humaines des variations d'un des caractères jugés les plus importants. Vous voyez aussi, et c'est un point sur lequel nous reviendrons plus tard, combien est démontrée l'insignifiance de ce caractère anatomique dans ses rapports avec le développement intellectuel des races. En effet, l'opinion contraire nous placerait, vis-à-vis des Esquimaux, dans un état d'infériorité dont je vous laisse juges. Sans doute, il faut, pour l'exercice de nos facultés intellectuelles, que le cerveau remplisse certaines conditions normales de poids et de volume; mais, du moment qu'il y satisfait, ses variations en poids et en volume ne peuvent plus servir de mesure à l'intelligence. Nous reviendrons du reste plus tard sur toutes ces questions.

Jusqu'ici, remarquez-le, je n'ai comparé aux têtes d'animaux que les têtes d'hommes qui ont conservé leurs formes naturelles, et je suis arrivé à cette conclusion qu'entre la tête du dogue et celle du lévrier, il y a des différences bien plus grandes qu'entre les têtes des types d'hommes les plus extrêmes. Mais, dans plusieurs contrées, l'homme s'applique à modifier la forme de sa tête sous l'influence d'usages et d'idées plus ou moins bizarres de beauté ou de distinction de rang. Plus tard ces faits si curieux nous seront autant de caractères précieux. Pour aujourd'hui, je veux simplement placer ces têtes, dont la déformation artificielle est souvent énorme, à côté de têtes d'animaux de même espèce, mais de races différentes, et vous n'aurez pas de peine à reconnaître qu'entre un crâne toulousain ou un crâne d'Aymara et la tête la plus normale, il y a moins de différence, malgré la déformation des premiers, qu'entre ceux du bœuf ordinaire et du bœuf gnata, de la poule ordinaire et de la poule huppée.

Ainsi, même en dirigeant ses efforts vers ce but spécial, l'homme est arrivé à des résultats remarquables sans doute, mais n'a pu atteindre les limites si étendues dont certaines races domestiques nous ont donné les exemples.

Je serai très-bref sur les variations physiologiques de race à race. Là surtout les données manquent pour une comparaison rigoureuse entre l'homme et les animaux. D'ailleurs mille circonstances de milieu local, de mœurs, d'habitudes, exercent une influence que nous constaterons plus tard. Je vous donne cependant un tableau de Péron, se rapportant aux écarts de la force musculaire chez les races humaines; il renferme des observations précises recueillies dans un voyage autour du monde.

Tableau des expériences faites par Péron au dynamomètre.

Races mises en expérience.	Nombre des individus.	FORCE des bras. Kilogr.	FORCE des reins. Myriagr.
Tasmaniens	12	50,5	
Néo-Hollandais	17	50,8	10,2
Malais (Timor)	56	58,7	11,6
Français	17	69,2	15,2
Anglais (colons)	14	71,4	16,3

Les races animales soumises à des expériences analogues accuseraient certainement des écarts bien plus considérables. Il suffit de supposer faite l'expérience pour le poney et pour le cheval de brasseur. Mais la différence de taille y entrerait aussi pour une très-grande part.

Parmi les fonctions physiologiques, celles de la génération se prêtent seules à une comparaison facile. Or, partout, la femme est féconde en toute saison; chez elle la fécondité est à peu près égale. Lorsque la fertilité vient à diminuer dans une race, on la voit s'accroître par le croisement avec une race différente. C'est là un fait curieux que nous étudierons plus tard. Mais jamais la femme ne présente ces cas extrêmes dont certaines races végétales et animales nous ont donné l'exemple, soit qu'il s'agisse de l'exagération ou de l'annihilation à peu près complète de la fécondité. La principale différence qui existe à ce point de vue entre les groupes humains consiste dans l'époque de la vie pendant laquelle la femme devient mère. Mais, sur ce point, les animaux n'ont encore été l'objet d'aucune observation qui puisse permettre une comparaison proportionnelle.

J'ai un mot à dire des variations psychologiques. Par son empire et sous l'influence de son intelligence, l'homme transforme et parfois renverse les instincts de certains animaux, au point de les rendre contraires à ce qu'ils étaient naturellement. C'est ainsi que le sanglier, animal nocturne, est devenu, sous le nom de cochon, un animal diurne. Le chacal, type sauvage du chien, et le chien libre, chassent à courre, et l'homme en a formé des chiens d'arrêt. Il n'est pas le seul d'ailleurs qui puisse produire des changements aussi considérables dans l'instinct des animaux soumis à son empire.

L'instinct d'un animal sauvage ou libre peut se renverser sous l'influence de conditions impérieuses d'existence qui lui sont faites par la nature. Le castor est naturellement social et bâtisseur. Dispersé et traqué par l'homme, il devient solitaire et terrier. C'est ce qui est arrivé aux castors du Rhône, et ce qui arrivera bientôt à ceux de l'Amérique du Nord.

Chez l'homme on ne rencontre jamais une semblable révolution de l'instinct, et l'on retrouve partout les mêmes tendances sous des formes variées. C'est là un fait qui résultera surtout clairement de l'étude détaillée des races humaines. J'aurais voulu, si le temps n'avait dû me manquer pour cela, justifier cette assertion en vous faisant dès aujourd'hui l'histoire complète de quelque groupe humain placé au plus bas de l'échelle. Il m'eût été facile de prouver combien ces hommes mêmes ont été calomniés à tous les points de vue, et j'aurai trouvé dans les Australiens une population très-intéressante à réhabiliter, car c'est la race dont l'abaissement a été le plus bruyamment proclamé. On y retrouve cependant, au moins à l'état rudimentaire, tous les caractères des races les plus élevées. Je dois malheureusement me borner à vous apporter des asser-

tions, opposant aux dires si défavorables aux Néo-Hollandais, les observations de Sturt, de Gray, de Dawson, de Dumont d'Urville, et de tous les voyageurs qui, ayant pénétré dans le continent australien, ont vu de plus près ces populations si décriées. Leurs témoignages sont du reste de jour en jour confirmés.

On disait : les Australiens sont absolumenl sans industrie, incapables, par exemple, de faire une lance. Cependant ils habitent des huttes propres et bien tenues, et possèdent des filets, des canots, des vases et des ustensiles, des armes enfin remarquables par les modes ingénieux d'ajustement qu'elles présentent.

On a prétendu qu'ils n'avaient point d'institutions. Mais on a retrouvé chez eux une organisation sociale analogue à celle des anciens clans écossais, si bien que nous avons les noms des tribus et de leurs divisions. Ils sont sans mœurs, sans entrailles, sans honneur, ajoutait-on. Et pourtant les voyageurs déclarent avoir été frappés de la retenue qui préside aux rapports des deux sexes, de l'affection touchante des parents pour leurs enfants, et de ces derniers pour leurs ascendants, ainsi que de leur reconnaissance pour les plus petits services. Quant à l'honneur, un fait suffit pour prouver combien peu ce sentiment leur est étranger. Ils pratiquent le duel, et dans certains cas ils ont montré qu'ils ne se battraient pas avec un adversaire désarmé. On leur refuse toute notion de propriété ; l'allégation n'est pas plus juste : les tribus ont leurs terrains de chasse bien limités, et franchir ces limites n'a lieu qu'en temps de guerre ou de réjouissances communes.

La religion enfin se retrouve chez ces populations qu'on en prétendait dépourvues. Elles ont une mythologie obscure, rudimentaire il est vrai, mais où se retrouve le grand principe du dualisme. Il s'y ajoute un grand respect pour les tombeaux ; d'un autre côté, les funérailles sont célébrées au milieu de cérémonies qui témoignent de la croyance à une vie future.

En un mot, tous les germes qui, par leur développement, engendrent les sociétés les plus élevées, se retrouvent chez les Australiens. Je me hâte d'ajouter que c'est à bon droit d'ailleurs qu'ils ont été placés aux derniers rangs de l'humanité.

Nous allons, messieurs, nous arrêter ici, car nous voilà arrivés à une nouvelle étape du cours de cette année. Nous avons pris des caractères se prêtant à une comparaison rigoureuse, et nous avons comparé l'étendue de leurs variations de race à race dans les espèces animales domestiques et dans les groupes humains. Nous avons toujours trouvé pour les animaux des limites plus larges et moins resserrées que chez l'homme. D'ailleurs, quant à la nature même de ces différences, nous avions déjà remarqué qu'il n'en existait point chez l'homme qui ne se retrouvassent chez l'animal. De ce double résultat de nos études nous pouvons tirer une conséquence importante.

Frappés des différences qui existent entre les groupes humains, on a cru ne pouvoir en rendre compte qu'en admettant l'existence de plusieurs espèces. Nous avons dit comment l'éducation inconsciente de l'œil humain lui fait apprécier plus minutieusement et exagérer la valeur des différences qu'il observe entre les hommes. Mais une étude attentive nous a montré qu'en portant le même criterium, la même unité d'appréciation dans l'examen des races animales, on trouvait chez elles des modifications du type primitif bien plus étendues encore. Donc, pour expliquer les différences qui séparent les groupes humains, il est inutile de recourir à l'hypothèse de la multiplicité des espèces. L'idée de la multiplicité des races avec l'unité spécifique, suffit pour rendre compte de tout. Donc l'argument tiré de la signification de ces différences n'a plus aucune valeur, et l'argumentation polygéniste qui consiste à dire : Évidemment le nègre et le blanc ne se ressemblent pas assez pour appartenir à une même espèce, se trouve du coup sapée par la base. La doctrine monogéniste et la doctrine polygéniste se trouvent ainsi, pour ainsi dire, vis-à-vis l'une de l'autre, sur le pied de l'égalité.

Je ne tire pas d'autre conséquence de ce qui précède. J'espère maintenant, dans la seconde partie de mon cours, vous donner des raisons suffisantes pour faire bien décidément pencher la balance en faveur de l'unité de l'espèce humaine.

XX

Causes générales de l'apparition des variétés et de la formation des races. — Innéité. — Hérédité. — Action des milieux.

Nous sommes arrivés aux conclusions par lesquelles j'ai terminé ma dernière leçon sans être sortis, ou du moins bien rarement, de la morphologie pure. A peine avons-nous fait quelques excursions dans le domaine de la physiologie, et moins encore dans celui de la psychologie. Si j'ai tenu à suivre cet ordre, c'est que la morphologie est précisément le terrain par excellence des polygénistes, et que nos adversaires s'appuient presque uniquement sur les différences matérielles que présentent entre eux les groupes humains, pour conclure à la multiplicité des espèces. Il était donc très-important de les suivre dans leurs retranchements et de rechercher la valeur des arguments qu'ils puisent dans des faits de cet ordre.

Le résultat de notre examen a été de placer les deux doctrines au moins côte à côte et sur un pied d'égalité, en établissant qu'elles sont également capables de répondre aux questions que soulève l'observation des groupes humains.

Pour décider entre elles et adopter l'une ou l'autre, il faut changer de terrain et chercher des raisons déterminantes dans un autre ordre d'idées ; il faut s'adresser à la physiologie.

L'examen des caractères extérieurs et internes nous a appris ce qu'est une race, et dans quelle mesure le type spécifique peut y être altéré. Nous devons nous demander maintenant comment ont lieu ces altérations, pourquoi elles arrivent, et comparer encore ce qui se passe chez l'homme et chez les animaux.

Comment se forment les races? Il n'est rien moins que facile de répondre à cette question. Toute réponse serait même impossible, si l'on en exigeait une qui fût rigoureusement précise et qui touchât réellement au fond des choses. En effet, la race est une modification de l'espèce, et les changements matériels, physiologiques ou psychologiques qui la constituent, annoncent parfois une atteinte sérieuse portée à l'être jusque dans ses instincts, dans ce que nos prédécesseurs appelaient son *nisus formativus*, dans son essence. Or, l'essence des êtres nous est absolument inconnue. Il en est de même des forces qui la régissent, forces que leurs effets nous permettent seulement de constater. De plus, les agents modificateurs sont fort nombreux ; il y en a certainement beaucoup que nous ignorons, puisqu'on en découvre tous les jours

ceux que nous connaissons nous échappe le plus souvent. Si donc on nous demandait une réponse qui rendît rigoureusement compte de la filiation des causes et des effets, nous serions réduits au silence.

Mais, remarquez-le bien, notre embarras serait celui de tous les hommes qui s'adonnent à une science quelconque, parce que nulle part il n'est possible de pénétrer, pour chaque phénomène, la nature de ce rapport logique contre lequel nous nous heurtons à notre tour. Non, le chimiste ne peut pas dire pourquoi le même sel, le sulfate de fer, est précipité en bleu de Prusse par le prussiate de potasse, tandis qu'il l'est en sulfure noir par l'acide sulfhydrique. S'il l'essayait, ce serait pour donner un pendant à la naïveté d'une scène de Molière. Si l'opium fait dormir, c'est qu'il possède une propriété dormitive ! C'est l'énoncé même de la question qui devient la réponse, alors que le pourquoi nous échappe invinciblement. Ainsi le chimiste constate des phénomènes qui, pour être bien autrement simples que la formation des races, n'en sont pas moins tout aussi inconnus quant à la relation de cause à effet.

On ne peut donc nous demander autre chose que d'agir et de raisonner comme dans les autres sciences, n'apportant que des faits précis et ne forçant ni les déductions qui en sortent, ni les analogies auxquelles ils prêtent. Vous jugerez vous-mêmes s'il m'arrive de sortir du cadre que je viens de me tracer.

Trop souvent, sans doute, les faits nous manquent, et, par suite, les cas réputés exceptionnels échapperont à toute explication. Mais des lacunes aussi grandes se rencontrent, *je vous le répète*, dans toute science. Toutefois j'espère vous prouver que l'anthropologie dispose encore de faits assez nombreux et assez probants pour montrer le mode général de la formation des races animales, et pour permettre de constater que tout se passe de même chez l'homme.

Dès le début de nos études, permettez-moi de vous le rappeler, nous avons reconnu que, chez tous les êtres organisés, l'espèce est soumise à une double action, à des forces opposées, d'où résultent des faits de stabilité d'un côté, des faits de variation de l'autre. Tandis qu'une première cause tend à maintenir chez tout individu les caractères du type primitif d'espèce, il en est une seconde qui tend au contraire à les modifier. En réalité, le premier de ces deux faits n'a rien de surprenant ; mais il importe beaucoup de savoir à quelle cause on doit faire remonter le second, car c'est de lui que résultent toutes les races.

Les causes de variation, non-seulement de l'espèce dans son ensemble, mais même de l'individu considéré isolément, ont de tout temps attiré l'attention des moralistes et des plus sérieux penseurs. Dans l'antiquité, Aristote et Hippocrate s'en sont préoccupés; dans les temps modernes, Maupertuis, Burdach, Müller, se sont posé la même question.

Or, ce n'est pas la ressemblance entre les représentants d'une même espèce qui étonne ces grands esprits, ce sont les différences ; et non pas même les différences que l'on constate entre deux races éloignées et profondément séparées, mais celles qui résultent des traits individuels et des nuances existant de fils à père et de frère à frère ; en un mot, les déviations les plus légères et que l'habitude fait ordinairement négliger. C'est à ce propos que Bailly se demandait : « D'où vient cette bigarrure ? » Là, en effet, nous toucherons au point le plus délicat du problème. Lorsque nous serons en mesure de comprendre par quel mécanisme, comment un fils peut ne pas ressembler à son père ou un frère à son frère, nous nous rendrons aisément compte des différences plus grandes. Voyons d'abord quelles réponses ont été faites à la question que se posait Bailly, nous proposerons la nôtre à son tour.

La difficulté du problème a singulièrement multiplié le nombre des solutions, et s'accuse par leur variété même. On a commencé par invoquer l'influence des astres, ou la variété des âmes, et mieux encore l'intervention directe de la divinité ou du diable. Ce ne sont pas là des solutions, et il est inutile d'insister sur de pareilles hypothèses.

Burdach a individualisé l'espèce, il lui a prêté des intentions et l'a montrée s'efforçant de réaliser son type. En réalité, cette explication non plus n'en est pas une, et mérite d'être mise au même rang que les précédentes.

Un assez grand nombre de personnes ont allégué l'amour réciproque des parents, leur état normal au moment de la conception, l'imagination de la mère, etc. Cependant rien n'est moins prouvé lorsqu'il s'agit de l'homme, et l'hypothèse est absolument insoutenable pour les animaux, et surtout pour les végétaux, qui présentent des phénomènes de variation absolument comparables à ceux qui se produisent parmi les hommes.

Aristote, Pline, Galien, rapportent l'apparition des nuances aux conditions physiques et morales dans lesquelles se trouvent les parents pendant l'acte de la conception. D'après ces illustres auteurs, ce moment même déciderait de tout l'être. Ils font donc remonter aussi haut que possible le germe de ses variations futures.

Suivant Aldrovande, les actions qui s'exercent sur la mère pendant la période intra-utérine retentissent sur l'embryon et lui impriment des modifications destinées à persister ; de là vient qu'un fils ne ressemble souvent ni à son père ni à sa mère. Bonnet et Helvétius retardent encore l'époque où s'impriment les traits individuels. Ce n'est plus pendant la vie intra-utérine, mais pendant la vie propre qu'ils constatent l'action modificatrice de la nourriture, du climat et de l'éducation.

J'insisterai davantage sur l'explication que donne Prosper Lucas. Ce physiologiste philosophe est l'auteur d'un ouvrage très-important sur l'hérédité ; les faits y abondent. Malheureusement la phraséologie abstraite qu'il renferme et sa forme obscure ont empêché souvent de l'apprécier à sa vraie valeur. Je voudrais vous en donner une idée sommaire et en discuter les doctrines.

M. Prosper Lucas individualise la nature et la vie, il leur prête des intentions. Suivant lui, la création primordiale s'est opérée sous l'empire de forces actives, de deux lois, l'invention et l'imitation. A celle-là se rapportent la multiplicité des types et la distinction première des espèces. De celle-ci dérivent les rapports entre les différents types et les ressemblances qui font que l'on groupe dans un même genre les espèces voisines.

Quant à la génération, l'auteur y voit une véritable procréation, c'est-à-dire une création secondaire au moyen des organes. Il y retrouve encore, présidant à l'acte, les deux lois que nous venons de voir présider à la création primordiale; seulement, comme elles sont, jusqu'à un certain point, modifiées par le jeu des organes, il leur donne des noms particuliers, l'*innéité* et l'*hérédité*.

Au reste, voici comment l'auteur s'explique lui-même : « La loi d'invention devient l'innéité, qui représente ce qu'il y a d'originalité, d'invention et de liberté de la vie dans la génération médiate de l'être. La loi d'imitation devient l'hérédité, qui représente ce qu'il y a d'imitation et de mémoire de la vie dans la même nature de génération. »

Ainsi Prosper Lucas admet l'existence de deux forces primitives, tout à fait distinctes, agissant au moment de la reproduction, et dont l'une tend à reproduire les formes originelles, l'autre à modifier le type primitif. La première, l'hérédité, est admise par tout le monde avec son rôle conservateur. J'aurai l'occasion d'en parler plus tard avec détail. Mais est-il bien nécessaire de faire intervenir la seconde, l'innéité? Admettre une force nouvelle est chose grave, surtout aujourd'hui que les progrès de la science aboutissent tous à la diminution du nombre des agents. Il faut donc examiner de près la question. Du reste, la discussion, en même temps qu'elle nous montrera l'inutilité d'une pareille hypothèse, nous fera connaître des faits utiles et jettera un jour nouveau sur le sujet de nos leçons prochaines.

Concevons d'abord, pour plus de simplicité, un être unique engendrant un autre être en dehors de toute cause perturbatrice. L'esprit ne conçoit pas de cause qui puisse rendre le *partus* différent du *parens*. En effet, il n'y aurait pas plus de raison pour supposer tel écart que tel autre. Ainsi, on est conduit à admettre l'identité complète, et l'on en arrive à l'aphorisme de Linné : *Le semblable engendre le semblable*.

Ces considérations conduiraient donc à regarder comme nécessaire l'identité des fils et du père, et, par conséquent, l'identité des frères entre eux. Mais n'oubliez pas qu'il faut, pour accepter cette conclusion, deux conditions : 1° que le parent reste immuable ; 2° qu'il n'intervienne aucune cause perturbatrice capable de déranger cette filiation si régulière par l'apport d'influences modificatrices. Or, l'action du parent n'est pas et ne peut pas être toujours la même. Je vous ai déjà rappelé, en vous citant des faits vulgaires, que l'être vivant, siége de phénomènes variés et intéressants, n'est jamais identique avec lui-même d'une heure à l'autre. Donc, en vertu même de l'aphorisme de Linné, éclairé par la physiologie, nous découvrons une cause de dissemblance dans les fils qu'un même parent engendre à des époques différentes, alors même qu'aucune cause modificatrice ne viendrait troubler la transmission des caractères. A plus forte raison, l'identité du fils sera-t-elle plus compromise, et les chances de modifications se multiplieront-elles pour lui, si, rentrant dans la réalité des faits, au lieu d'un parent nous en supposons deux.

Mais nous ne pouvons laisser de côté les actions du dehors. Le parent vit dans un milieu qui lui impose certaines conditions d'existence. Or, ce milieu varie sans cesse, et les conditions d'existence qui varient avec lui exercent une grande influence sur le parent et sur le nouvel être dès l'instant que celui-ci apparaît, dès qu'il est constitué et vivant.

Cependant la vie de l'être organisé ne date pas du moment où il est complet ; elle est bien antérieure à cette époque, puisqu'elle date de l'apparition du germe. Le germe, en effet, qu'il soit bourgeon ou œuf, est tout aussi vivant que le chêne ou l'éléphant qui doit en sortir. Lorsqu'il s'agit du bourgeon, la chose n'est douteuse pour personne, car il tient constamment au parent et en fait toujours partie. L'œuf, au contraire, s'isole, et l'on comprend très-bien qu'à une certaine époque, on se soit demandé s'il était vivant ou non. La fécondation semblait seule lui apporter la vie, puisque alors seulement on commençait à surprendre en lui des mouvements propres à trahir l'être vivant. Cependant déjà on avait accordé à l'œuf une vie plus ou moins latente.

Enfin j'ai fait moi-même, sur certaines annélides et certains mollusques, des observations qui ne peuvent laisser place au doute. Si l'on prend dans le corps des *hermelles* ou des *tarets* des œufs non fécondés et qui y flottent isolés, on peut les conserver un certain temps, et constater en eux des mouvements caractéristiques, rapides, tumultueux, qui sont promptement suivis de la désorganisation de l'œuf ; car, dans ces conditions, la vie s'épuise vite. Au contraire, après leur fécondation, les œufs ne présentent plus que des mouvements réguliers et durables, qui aboutissent à l'organisation de l'être. Ainsi la fécondation n'apporte pas l'existence, elle régularise seulement la vie propre de l'œuf et lui permet d'arriver à terme. Ces faits, remarquez-le en passant, expliquent bien des phénomènes contradictoires en apparence, entre autres la parthénogenèse.

Si l'œuf est vivant, l'embryon l'est certainement aussi. Cela est vrai à fortiori pour les larves, les chenilles, et pour toutes les formes transitoires si diverses que prennent successivement les individus dans les familles généagénétiques.

Ainsi les causes perturbatrices des conditions d'existence agiront pendant la période de vie préparatoire sur l'œuf, le germe et l'embryon, et ainsi s'expliqueront les dissemblances ordinaires que présentent entre eux les êtres nés des mêmes parents.

Vous le voyez donc, sans invoquer l'innéité, nous venons, en tenant simplement compte de l'action du milieu, d'expliquer les différences qui se manifestent à la *première génération*, différences des fils comparés à leurs parents et comparés entre eux. Évidemment les mêmes faits entraîneront les mêmes conséquences aux générations suivantes, et nous ne serons plus surpris de ces différences légères, de cette originalité des traits individuels dont la *bigarrure* embarrassait si fort Bailly.

En restant dans le même ordre d'idées, nous pouvons également expliquer l'apparition d'une variété. Il suffit de supposer qu'un des agents indiqués, quel qu'il soit d'ailleurs, ait agi plus spécialement sur tel ou tel trait de l'être enfanté, avec assez d'énergie pour le modifier ou l'exagérer, au point que l'individu donne lieu à une disparate suffisante pour être qualifié de variété.

Dans ce cas-là, c'est brusquement que la variété apparaît. Mais elle peut aussi se produire d'une autre manière. On peut supposer que des actions moins énergiques s'accumulent à chaque génération pour modifier le même caractère toujours dans le même sens. La variété se prononce ainsi graduellement, et aboutit peu à peu au point où elle arrive d'autres fois du premier bond.

Une fois un type nouveau réalisé, il est facile de comprendre comment s'établit une race. En effet, l'individu modifié peut devenir parent à son tour. Ici deux cas se présentent. Il transmet ou ne transmet pas la particularité qui l'a constitué varié. Or, les faits et les principes qui précèdent expliquent aisément cette alternative. Le germe ou l'embryon du fils est placé dans des conditions autres que celles qui ont exercé leur influence sur le père et ont amené chez lui le caractère de la variété. Alors de trois choses l'une : ces actions nouvelles peuvent être indifférentes ; elles peuvent tendre à

maintenir et même à accroître le caractère en question, ou bien enfin elles peuvent être de nature à le diminuer et même à l'annihiler. Sont-elles indifférentes, l'hérédité agira seule, et en vertu de son action souveraine, le type de la variété se reproduira à peu de chose près. Tendent-elles à le maintenir ou à l'accroître, il y aura accord actif entre l'hérédité et le milieu pour accuser davantage ce type. Enfin, dans le troisième cas, au contraire, il y aura lutte entre la force héréditaire et les actions du milieu. Le caractère de la variété sera affaibli, s'il ne disparaît même complétement.

Vous voyez comment ici l'action du milieu remplace l'innéité. Or, pour être sûr d'avoir trouvé dans une cause naturelle l'équivalent rationnel de la force inventée à plaisir par Prosper Lucas, il fallait bien montrer que le milieu agit sur l'animal avant même sa naissance. Les expériences de Geoffroy Saint-Hilaire père, reprises et développées d'une manière si remarquable par M. Dareste, ne laissent aujourd'hui aucun doute possible sur ce point.

Jusqu'ici je me suis appuyé seulement sur des inductions tirées de ce que nous avons vu dès nos premières leçons; mais les faits précis ne manquent pas, et j'en ai plusieurs à vous présenter à l'appui de cette manière de voir.

Je vous ai déjà parlé des bœufs calongos et pelones de l'Amérique méridionale; ils naissent, vous vous le rappelez, avec le cuir nu ou presque nu. On tue les premiers, tandis qu'on laisse vivre les seconds.

L'apparition de ces animaux nous montre comment une variété a pu se former presque du premier coup chez l'embryon; car c'est bien évidemment pendant la période embryonnaire que s'est exercée sur l'animal une action capable de le priver de poil, puisqu'il est né une première fois en possession des caractères qui en font immédiatement une variété. Cette action a évidemment pour but, dans le cas qui nous occupe, de mettre l'animal en harmonie avec la température du milieu. Le bœuf se trouve ainsi naturellement dépouillé dans un pays chaud d'un vêtement qui lui est au contraire nécessaire dans les contrées tempérées ou froides.

Les poules nous offrent un exemple analogue. C'est encore à M. Roulin que je l'emprunte. Dans nos climats, en France et en Angleterre, les poulets naissent couverts d'un duvet très-serré. Chez la même espèce transportée dans les îles du golfe du Mexique et dans les parties chaudes de l'Amérique, ils portent d'abord le même vêtement d'enfance. Mais au bout de quelques générations, ce duvet s'éclaircit de plus en plus; si bien qu'à l'époque des observations de M. Roulin, les poulets créoles n'en avaient plus guère au moment de leur naissance, et le peu qui leur en restait ne tardait pas à tomber, pour ne laisser sur le corps de l'animal que les tuyaux des rémiges. Ici l'action a été, on le voit, moins brusque que chez les bœufs.

Les faits inverses sont bien connus. Au fur et à mesure qu'une race domestique s'avance dans les pays froids, la proportion de laine ou de duvet s'accroît peu à peu. Le sanglier même l'acquiert. C'est en quelque sorte l'habit qui se double, afin de mettre les animaux en harmonie avec un climat plus rigoureux.

Dans les exemples précédents, le rapport qui existe entre les caractères nouvellement acquis et le milieu dans lequel ils sont apparus est tellement évident, que l'idée d'une relation de cause à effet se présente invinciblement. Nous verrons plus tard que les phénomènes eux-mêmes s'expliquent par la physiologie la plus élémentaire. Pour d'autres faits ce rapport est moins apparent; mais, s'il est difficile d'en rendre compte à ce point de vue, ils n'en montrent pas moins l'action de certaines conditions d'existence s'exerçant sur l'embryon. Les bœufs muchos en sont un exemple remarquable. Tous les bœufs importés en Amérique avaient des cornes. Or, d'Azara rapporte qu'en 1770 il naquit dans le Paraguay un bœuf sans cornes, et que bientôt cette variété unique donna naissance à une race qui envahit des provinces entières. Cependant l'homme n'était intervenu pour rien dans cette multiplication. En effet, si en Europe, où les bœufs vivent à l'état domestique, on recherche les individus sans cornes, parce qu'ils sont ainsi privés d'une arme dangereuse, il en est autrement en Amérique, où on les laisse libres. On ne peut, en effet, s'en emparer qu'à l'aide du lasso. Or, un bœuf sans cornes est bien moins facile à lasser. Aussi, dans les haciendas bien tenues de Buenos-Ayres, par exemple, on les tue quand ils apparaissent avec ce caractère. Vous voyez qu'une action encore inexpliquée a dû exercer sur l'embryon une influence telle, qu'il en est résulté une variété des plus frappantes.

L'espèce ovine va nous donner un exemple analogue. Vous connaissez bien le rapport qui ordinairement existe entre la grosseur d'un mouton et la longueur de ses pattes; mais il existe une race qui reproduit les proportions du basset : c'est le mouton ancon ou mouton-loutre. Il a fait son apparition en 1791, dans le Massachusetts. Dans une ferme naquit un bélier à jambes de basset; il était bien conformé, et comme on remarqua que la petitesse de ses jambes l'empêchait de franchir les haies, les fermiers virent là une raison pratique pour favoriser la multiplication de ce type. Leurs efforts réussirent si bien, qu'au commencement de ce siècle la race était parfaitement assise : le produit d'un bélier et d'une brebis ancon reproduisait à coup sûr les formes de ses parents.

En France, il s'est passé un fait de même nature, qui réunit les deux modes que nous avons indiqués comme déterminant la formation des races : la brusque apparition d'une variété d'abord, puis l'action de plusieurs générations nécessaire pour réaliser et fixer un type conçu par l'homme, d'après le type imparfait que la nature elle-même livrait à son industrie. En 1828, naquit dans une ferme de M. Graux, de Mauchamp, au milieu d'un troupeau de mérinos purs, un agneau mâle mal conformé, mais couvert d'une laine droite, lisse et soyeuse. M. Graux comprit sur-le-champ quel avantage il y aurait à perpétuer cette variété s'il parvenait à améliorer la constitution du type. Aussi fit-il de grands sacrifices pour arriver à ce résultat. Ce ne fut pas en vain. En 1858, il existait déjà trois troupeaux de moutons bien conformés ayant la toison de la variété qui avait fait son apparition en 1828 : l'un à Gevrolles, l'autre à Rambouillet, le troisième à Mauchamp. Ce dernier était environ de 500 bêtes. Quant à l'utilité pratique de cette race, vous avez tous vu les belles étoffes de M. Davin, si souvent récompensé dans les expositions. Ce véritable cachemire indigène est précisément dû aux moutons Mauchamp.

Dans les trois exemples que je viens de vous citer, la filiation de cause à effet est impossible à préciser. Devient-il nécessaire pour cela de faire intervenir l'innéité? Je n'hésite pas à répondre que non. En effet, dans d'autres cas où la même impossibilité se présente, l'action du milieu est évidente. Sans connaître son mode d'opérer, nous savons qu'elle existe comme cause, et qu'elle produit à ce titre les effets dont nous sommes frappés. En voici des exemples.

Certaines espèces de poissons tantôt sont saumonées et tantôt ont la chair blanche. C'est ce qui arrive pour la truite. On a remarqué que sa chair a toujours la teinte rosée dans certains cours d'eau, tandis qu'elle est toujours blanche dans d'autres. Or, la coloration de la race saumonée se transmet aux œufs. M. Coste a remarqué que des œufs de cette nature, placés dans l'eau des ruisseaux qui ne renferment que des truites ordinaires, pâlissaient au fur à mesure de leur développement, et donnaient naissance à de jeunes individus à chair blanche. Il est évident ici que c'est l'eau elle-même dont l'action s'exerce jusque sur l'embryon. Quant au *pourquoi* et au *comment*, nous l'ignorons; mais l'expérience prononce du moins sur la détermination de la cause immédiate.

Enfin le milieu peut agir sur l'œuf lui-même. Dans le Midi, à l'époque de la récolte des vers à soie, les poules nourries de chrysalides pondent des œufs immangeables, tellement la matière odorante et sapide que contient la nourriture qu'elles ont reçue rend leur goût insupportable.

Ainsi l'innéité est bien inutile pour expliquer les modifications éprouvées par l'embryon dans les faits où le rapport entre l'action du milieu et les variations observées est évident. Elle est d'ailleurs impuissante pour rendre compte des modifications que subissent souvent les individus adultes, puisque, d'après M. Lucas lui-même, c'est une force qui n'agit qu'au moment de la génération.

Or, voici un fait cité par M. Roulin, qui s'est produit chez des individus adultes, sous l'influence incontestable des actions de milieu. Les races espagnoles de moutons ont été de bonne heure importées en Amérique, et elles s'y sont parfaitement développées. Ces animaux sont aujourd'hui très-communs dans la Cordillère; ils n'ont pas quitté l'homme et se sont peu modifiés. Cependant, dans les plaines et les vallées plus chaudes de Méta, ils ont moins bien réussi. Chez les agneaux, la laine commence par croître comme à l'ordinaire; ils la conservent même si on les soigne et si on les tond aux époques voulues. Mais dès qu'on les abandonne à eux-mêmes, elle se feutre, tombe par plaques, et laisse un poil court, luisant et uni; bientôt la jarre s'est entièrement substituée à elle. Nous voyons là le remarquable exemple du même individu passant, dans le cours de sa vie, de sa race première à une autre race très-distincte. L'innéité, force qui n'agit qu'au moment de la procréation, ne peut être invoquée ici, et l'action du milieu apparaît aussi nettement qu'on puisse le désirer.

Le même agent se manifeste avec non moins d'évidence dans le contraste que présentent les races sauvages ou marronnes et les races domestiques. Je vous ai dit que les dernières sont très-nombreuses, très-tranchées, et que les plus différentes d'entre elles se rencontrent souvent les unes à côté des autres. Les races sauvages sont au contraire bien plus rares et bien moins dissemblables, surtout dans une même région. Or, si les différences de race tenaient à quelque chose de radical, à quelque force générale initiale, cette force s'exercerait sur l'animal aussi bien à l'état sauvage qu'à l'état domestique, et les races seraient aussi nombreuses et aussi tranchées dans le premier cas que dans le second. Nous trouverions également juxtaposées, dans la même région, les formes les plus opposées d'animaux sauvages de même espèce. Or, il n'en est pas ainsi en réalité.

S'il y a chez les animaux domestiques une telle augmentation du nombre et de l'étendue des variations, c'est que l'homme, par son industrie, a multiplié et rendu plus considérables les différences de milieu autour des espèces qu'il s'est assujetties. Au contraire, les conditions naturelles d'existence sont toujours très-uniformes à beaucoup d'égards. Voilà pourquoi les races sauvages sont peu nombreuses; voilà pourquoi aussi les races marronnes tendent à s'uniformiser et à s'affranchir de l'empreinte qu'a laissée sur elles la domestication, au point que plusieurs naturalistes ont pu croire qu'elles finissaient par se fondre toutes dans la reproduction du type sauvage.

En résumé, dans tous les cas où le rapport entre la cause et la nature même des variations est appréciable, nous voyons la variété, puis la race, se former sous l'influence du milieu, de manière que l'espèce soit mise en harmonie avec lui. Nous voyons encore le nombre des variétés augmenter toutes les fois que les différences de milieu se multiplient, tandis que les races tendent au contraire à s'uniformiser et à rentrer les unes dans les autres, quand le milieu redevient commun et que les conditions d'existence sont de nouveau les mêmes.

De ces faits nous conclurons que l'hypothèse d'une force spéciale antagoniste de l'hérédité et productrice de toutes les variations de l'espèce est inutile. En effet, le milieu, modifiant le type spécifique initial, et l'hérédité, s'opposant à des modifications, ou bien les perpétuant quand elles se sont produites une fois, suffisent pour tout expliquer. Il nous reste à étudier en eux-mêmes ces deux agents de la formation des races, puis à comparer leur action respective chez l'homme et chez les animaux.

ARM. ANGLIVIEL.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS. — Cette association, qui compte déjà près d'un demi-siècle d'existence, a tenu régulièrement une session chaque année depuis sa fondation, excepté en 1866, où les événements politiques et militaires que l'on connaît mirent obstacle à ces réunions scientifiques. La session de 1868 s'ouvrira, à Dresde, le 18 septembre courant, sous la présidence de M. Carus; elle sera close le 24 septembre.

SCHŒNBEIN. — On nous annonce la mort de M. Schœnbein, professeur à l'université de Bâle et chimiste éminent. Il s'était fait connaître en France par ses théories très-originales sur l'ozone, qui ont ouvert des horizons tout nouveaux. La *Revue des cours scientifiques* a publié notamment de lui une importante leçon relative à l'action de l'oxygène sur le sang, dans laquelle il applique aux actions physiologiques ses idées sur la constitution de l'ozone.

VILLÉGIATURE ACADÉMIQUE. — Lundi dernier, l'Académie des sciences, sur soixante-huit membres, en a compté onze en tout. Pourquoi l'Académie, comme tout le monde, n'aurait-elle point ses vacances? Pourquoi la forcer à tenir des séances illusoires? Pour sauvegarder les droits de priorité des savants qui lui envoient l'exposé de leurs expériences, il suffirait de faire ce qui se pratique à la Société royale de Londres : tenir le secrétariat ouvert pendant les vacances et charger le secrétaire d'inscrire authentiquement sur chaque note la date de son arrivée; à la rentrée, toutes ces notes sont imprimées en même temps, mais avec la date inscrite par le secrétaire, et qui fait foi contre tous, de manière à maintenir les droits légitimes de chacun.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 42 — 19 SEPTEMBRE 1868

COLLÉGE DES OUVRIERS DE LONDRES.

M. HUXLEY

(de la Société royale de Londres).

Ce que doit être une éducation libérale.

La tâche qu'a entreprise le *South London working men's College*, est une grande œuvre; et, en vérité, je pourrais dire que l'éducation, objet de la fondation de ce collége, est l'œuvre la plus grande dont l'homme puisse actuellement s'occuper.

On en est enfin arrivé à reconnaître généralement cette vérité. Vous ne pouvez aller nulle part sans qu'il vienne à vos oreilles un murmure de conversations plus ou moins confuses et contradictoires à ce sujet; mais sur un point au moins vous ne laisserez pas de reconnaître que la question a fait un pas en avant. Personne, excepté ceux qui ont des intérêts agricoles, n'ose soutenir aujourd'hui que l'éducation est une mauvaise chose. Si quelque représentant du parti, autrefois nombreux et puissant, qui proclamait cette opinion, existe encore à l'état demi-fossile, il garde ses pensées pour lui-même. Au contraire, on entend un chœur de voix, presque fatigantes dans leur accord, s'élever en faveur de la doctrine que l'éducation ɪst la grande panacée pour les maux humains, et que, si l'on ɪe veut pas voir le pays tomber bientôt en ruines, chacun de es habitants doit recevoir de l'instruction.

Les politiques nous disent: « Il faut instruire les masses arce qu'elles vont prendre le dessus. » Le clergé se joint à eux qui demandent l'instruction, en affirmant que le euple abandonne l'église et la chapelle et tombe dans l'in-idélité la plus complète. Les manufacturiers et les capitalistes rossissent le chœur. Ils déclarent que l'ignorance fait de ɪauvais ouvriers; que bientôt l'Angleterre cessera de pro-uire des cotonnades et des machines à vapeur à meilleur mar-ɪé que les autres peuples; et, quand ces temps viendront, *habod*, *Ichabod!* ne serons-nous pas dépouillés de notre oire! Enfin, quelques voix s'élèvent çà et là en faveur de doctrine que les masses doivent être instruites, parce que sont des hommes et des femmes doués d'une capacité illi-itée pour être, pour agir et pour souffrir, et qu'aujourd'hui us que jamais il est vrai de dire que le peuple périt faute instruction.

Ces membres de la minorité, qui ont, je l'avoue, mes vives mpathies, se demandent si toutes les autres raisons données ı faveur de l'instruction du peuple ont réellement quelque .leur, et si vraiment quelques-unes de ces raisons sont fon-ées sur des motifs sages et nobles. Ils se demandent s'il est prudent de dire au peuple qu'on va faire pour lui, par crainte de sa puissance, ce que l'on a négligé de faire tant que la compassion pour sa faiblesse et ses misères eût été le seul motif. Si l'ignorance de tout ce qu'il importe le plus à un législateur de savoir peut faire tant de mal dans les classes gouvernantes de l'avenir, pourquoi, demandent-ils avec assez de raison, n'a-t-on pas envisagé avec une égale horreur l'ignorance des classes gouvernantes du passé ?

Comparez l'artisan ordinaire au seigneur de campagne ordinaire : il est à parier que vous ne trouverez pas entre eux l'épaisseur d'un cheveu sous le rapport de l'ignorance, de l'esprit de classe, et des préjugés. Il est vrai que l'ignorance sera d'un genre différent, que l'esprit de classe est en faveur d'une classe différente, et que le préjugé se présente sous la forme d'un travers particulier dans chacun des deux cas. Mais il est douteux que l'un vaille moins ou mieux que l'autre. La vieille théorie de la protection est la doctrine des corporations de métiers appliquée par les seigneurs de campagne, et le système moderne des sociétés coopératives est la doctrine des seigneurs de campagne appliquée par les artisans. Pourquoi serions-nous plus malheureux sous un régime que sous l'autre ?

D'autre part, cette minorité sceptique demande au clergé si c'est réellement le défaut d'éducation qui éloigne les masses de leur ministère; si les hommes les mieux instruits ne méritent pas ce reproche tout autant que les ouvriers; et si, par aventure, ce fait n'indiquerait pas plutôt que ce n'est pas la question de l'instruction qui est au fond de cette affaire ?

D'autre part encore, cette minorité, à laquelle il n'y a vraiment pas moyen de plaire, ose demander si la gloire qui s'attache au fait de pouvoir vendre meilleur marché que tout le reste de la terre est une gloire bien sûre ; s'il ne se pourrait pas qu'elle nous coûtât trop cher dans le cas surtout où, au lieu d'employer l'éducation comme on le doit, c'est-à-dire pour faire des hommes, on la détournerait de son usage pour fabriquer des outils humains merveilleusement adroits dans l'exercice de quelque industrie technique, mais impropres à tout en dehors de cette application spéciale ?

Et enfin ces mêmes personnes demandent si ce sont les masses seules qui ont besoin d'une éducation transformée et améliorée. Elles demandent si nos écoles les plus riches ne pourraient être amenées, avec avantage, à donner un peu d'instruction en même temps qu'elles distribuent l'éducation d'un gentleman, un esprit de classe des plus prononcés, et une habileté supérieure au cricket. Elles semblent penser que les nobles fondations de nos vieilles universités ne remplissent plus guère leurs fonctions dans leur état actuel, moitié séminaires, moitié champs de courses, où les hom-

mes sont *entraînés* pour gagner un *senior wranglership* (1) ou un *double first* (2), comme on *entraîne* les chevaux pour gagner une coupe, en se reportant aussi peu aux besoins de l'existence ultérieure dans le cas de l'homme que dans celui du cheval. Elles sont, tout autant que les autres, pleines de zèle pour l'instruction ; mais elles affirment que si l'instruction des classes riches était de nature à les rendre capables d'être les guides et les gouvernants des classes pauvres, et si l'instruction de celles-ci était de nature à les rendre capables d'apprécier des conseils vraiment sages et un gouvernement réellement bon, les politiques n'auraient pas à craindre l'anarchie, le clergé ne se lamenterait pas sur l'amoindrissement de ses troupeaux, les capitalistes ne prédiraient pas l'anéantissement de la prospérité du pays.

Telle est la diversité des opinions quant à la nécessité et à la nature de l'instruction. Mes lecteurs s'attendront naturellement à voir une discordance tout aussi complète dans les recommandations pratiques qui sont mises en avant à ce propos. L'instruction obligatoire est demandée à grands cris. Nous autres Anglais, en dépit de tout ce que l'expérience nous a démontré, nous conservons une foi touchante dans l'efficacité des lois promulguées par le parlement. Je crois que nous aurions l'instruction obligatoire dès la prochaine session, s'il était le moins du monde probable qu'une demi-douzaine d'hommes d'État, appartenant à des partis différents, pussent se mettre d'accord sur la nature que devrait avoir cette instruction obligatoire.

Quelques personnes soutiennent que l'instruction non accompagnée d'enseignement religieux serait pire que l'ignorance. D'autres affirment tout aussi hardiment que l'instruction basée sur l'enseignement religieux serait entachée des mêmes défauts. Mais il est un fait certain, c'est que les partisans de la première opinion ne sont nullement d'accord sur la nature de l'enseignement religieux qui devrait être adopté, et que les partisans de la seconde opinion constituent une petite minorité.

« Mais au moins, disent un grand nombre d'individus, faites apprendre à lire, à écrire, et à chiffrer. » Le conseil, en tant que conseil, est évidemment très-sage. Mais, comme cela m'est arrivé jadis à moi-même, on fait aux personnes qui recommandent cette mesure, faute de mieux, l'objection que ce procédé ressemble beaucoup au fait d'habituer un enfant à bien manier le couteau, la fourchette et la cuiller, sans lui donner la moindre particule de viande. Je ne sais vraiment ce qu'on peut répondre à une telle objection.

Ce serait gaspiller notre temps que de l'employer davantage à démêler, ou plutôt à faire voir les nœuds qui ornent les pelotons embrouillés de nos voisins. Il sera bien plus profitable de nous demander si nous possédons quelque fil qui puisse nous guider au milieu de ce labyrinthe.

Et pour commencer, demandons-nous : — Qu'est-ce que l'éducation ? Avant toutes choses, quel est notre idéal d'une éducation vraiment libérale ? — de cette éducation que nous nous donnerions à nous-mêmes si nous pouvions recommencer la vie; de cette éducation que nous donnerions à nos enfants si nous pouvions façonner le destin à notre volonté ? J'ignore quelles peuvent être les idées de mes auditeurs à ce sujet, mais je vais leur dire les miennes, et j'espère qu'entre nos opinions il n'y aura pas de discordance trop prononcée.

Supposons qu'il fût parfaitement certain que la vie et la fortune de chacun de nous dépendront, un jour ou l'autre, de la perte ou du gain d'une partie d'échecs. Ne pensez-vous pas que nous nous ferions un devoir suprême d'apprendre au moins les noms et les mouvements des pièces, d'avoir quelque idée du gambit, et de nous tenir constamment en éveil sur tous les moyens de faire échec et mat ou d'éviter cette éventualité ? Ne pensez-vous pas que nous regarderions avec un sentiment de désapprobation allant jusqu'au mépris tout père qui permettrait à son fils, tout État qui permettrait à ses membres de grandir sans pouvoir distinguer une dame d'avec un chevalier ?

Cependant c'est une vérité bien évidente et bien élémentaire que la vie, la fortune, le bonheur de chacun de nous, et, plus ou moins, de tous ceux qui relèvent de nous, dépendent réellement de la connaissance que nous avons d'un jeu infiniment plus difficile et plus compliqué que le jeu d'échecs. C'est un jeu que l'on joue de temps immémorial. Chacun de nous, femme ou homme, a une partie *engagée* dans laquelle il est l'un des deux joueurs. Le damier, *c'est* le monde ; les pions, ce sont les phénomènes de l'univers ; les règles du jeu, c'est ce que nous appelons les lois de la nature. Notre adversaire est caché. Nous savons que son jeu est loyal, juste et patient. Mais nous savons aussi, à nos dépens, qu'il ne laisse jamais passer une erreur et qu'il n'a jamais la moindre indulgence pour l'ignorance. A l'homme qui joue bien, les plus gros enjeux sont payés avec cette générosité surabondante par laquelle les puissants témoignent de la joie que leur fait éprouver leur force. Celui qui joue mal, au contraire, est fait échec et mat, — sans précipitation, mais aussi sans ménagements.

Ma métaphore rappellera peut-être à quelques-uns d'entre vous le fameux tableau de Retzsch où Satan joue aux échecs avec un homme l'âme de celui-ci. Substituez au *démon moqueur* qui figure dans ce tableau un ange calme et puissant qui joue pour l'honneur, comme nous le disons, et qui désirerait plutôt perdre que gagner : je trouve là l'image de la vie humaine.

Eh bien, ce que j'entends par éducation, c'est la connaissance des règles de ce jeu immense ! En d'autres termes, faire une éducation, c'est dresser une intelligence à la connaissance des lois de la nature. Et sous ce nom de nature, je comprends non-seulement les choses et leurs forces, mais les hommes et leurs mœurs. C'est aussi le fait de façonner les affections *et la* volonté à un désir sincère et aimant de se mouvoir en harmonie avec ces lois. Pour moi, l'instruction ne signifie ni plus ni moins que ce que je viens de dire. Tout ce qui prétend au nom d'éducation doit être rapporté à cette définition, et, si l'épreuve n'est point subie avec succès, je n'appellerais plus la chose éducation, quels que soient d'ailleurs la grandeur de l'autorité ou le nombre des partisans qui militent en sa faveur.

Il importe de se souvenir que, à strictement parler, il n'existe pas ce qu'on peut appeler un homme sans éducation. Prenons un cas extrême. Supposons qu'un homme adulte, dans toute la vigueur de ses facultés, soit placé soudainement au milieu du monde, — comme on suppose qu'il en a été pour Adam, — et qu'on le laisse d'abord se tirer d'affaire comme il pourra. Combien de temps restera-t-il sans instruction ? Pas cinq

(1) Prix d'honneur.

(2) Double premier. Ces mots n'ont pas d'équivalent en français. (*Note du traducteur.*)

minutes. La nature commencerait à l'instruire, à lui enseigner par l'intermédiaire de l'œil, de l'oreille, du toucher, les diverses propriétés des objets. Le plaisir et la douleur seraient toujours là, lui disant de faire ceci, de fuir cela; et, par degrés insensibles, l'homme recevrait une éducation, étroite il est vrai, mais complète, réelle et suffisante pour les circonstances de sa vie, bien qu'elle ne comportât rien de superflu ou d'accessoire.

Et si à ce solitaire venait s'adjoindre un second Adam, ou mieux encore une Ève, un nouveau monde bien plus vaste, le monde des phénomènes moraux et sociaux, s'ouvrirait devant lui. De ces nouvelles relations jailliraient des joies et des douleurs auprès desquelles toutes les autres sembleraient de légères ombres. Le bonheur et le chagrin remplaceraient ces moniteurs plus grossiers qu'on appelle le plaisir et la douleur; mais la conduite serait toujours façonnée par l'observation des conséquences naturelles des actions, en d'autres mots, par les lois de la nature de l'homme.

Pour chacun de nous, il y eut un moment où le monde fut aussi nouveau et aussi inconnu que lorsqu'il s'offrit à Adam. Et alors, longtemps avant que nous fussions susceptibles de tout autre mode d'instruction, la nature nous prit par la main; chacun des instants de notre réveil à la vie nous apportait un enseignement façonnant ainsi nos actions en rude harmonie avec les lois de la nature, pour éviter que notre existence fût trop prématurément terminée par suite d'une flagrante désobéissance à ces lois. Ce mode d'éducation existe toujours pour chacun de nous, quelque âgé qu'il puisse être. Pour chacun de nous, le monde est aussi nouveau qu'il le fut au premier jour, aussi plein de nouveautés inédites pour celui qui a des yeux capables de les voir. La nature continue toujours à nous donner sa patiente éducation dans cette grande université dont nous sommes tous membres, — l'univers.

Ceux qui emportent les prix d'honneur dans cette université de la nature, qui apprennent à connaître les lois par lesquelles les hommes et les choses sont régis, et qui y obéissent, — ceux-là sont réellement les grands et les heureux de ce monde. La masse de l'humanité est composée de ceux qui recueillent juste assez pour traverser la vie sans trop de déconfitures. Ceux qui ne veulent rien apprendre sont renversés, — et le pis, c'est qu'ils ne peuvent retourner à la lutte. Le re-
et de l'homme par la nature, c'est l'extermination.

Donc, la question de l'instruction obligatoire se trouve ésolue en tant du moins qu'il s'agit de la nature. Son anifeste à ce sujet a été rédigé et publié il y a longtemps. ais, comme toute législation obligatoire, celle de la nature t dure et entière dans son opération. L'ignorance est punie ssi sévèrement que la désobéissance volontaire, l'incapaté est châtiée de la même manière que le crime. La discine de la nature ne consiste pas à avertir, puis frapper : le frappe sans avertir, et vous laisse à découvrir pourquoi us êtes frappé.

Le but de ce que nous appelons simplement l'instruction, cette instruction dans laquelle l'homme intervient et que distinguerai sous le nom d'instruction artificielle, — c'est rectifier les défauts qui tiennent aux procédés de la nare, de préparer l'enfant à recevoir l'éducation de la nature, s incapacité, sans ignorance, sans désobéissance volonre, et de saisir les symptômes préliminaires de son déplaisans attendre qu'elle ait porté son coup. En un mot, toute ucation artificielle doit activer les effets de l'éducation naturelle. Or, une éducation libérale est une éducation artificielle. Non-seulement elle prépare l'homme à échapper aux dangers de la désobéissance aux lois naturelles, mais elle l'*entraîne* de manière à apprécier et à saisir les récompenses que la nature répand aussi largement que les punitions.

Selon moi, l'homme qui a reçu une éducation libérale, c'est celui qui a été élevé de telle sorte pendant sa jeunesse, que son corps est le serviteur empressé de sa volonté, et fait avec facilité et avec plaisir tout l'ouvrage dont il est capable comme mécanisme; dont l'intellect est une machine claire, froide, logique, en bon état de travail et parfaitement équilibrée dans toutes ses parties : prêt, comme une machine à vapeur, à servir à tout genre de travail, à tisser les fils les plus légers comme à forger les ancres de l'esprit; c'est celui dont l'intelligence est enrichie de la connaissance des grandes vérités fondamentales de la nature et des lois de ses opérations; c'est celui qui, loin d'être un ascète rabougri, est plein de vie et de feu, mais dont les passions ont été disciplinées au point de se taire sous la pression impérieuse de la volonté, laquelle est elle-même aux ordres d'une conscience délicate; — c'est celui enfin qui a appris à aimer toute beauté, qu'elle procède de l'art ou de la nature, à haïr toute vilenie, et à respecter les autres comme il se respecte lui-même.

Celui-là seul, selon moi, a reçu une éducation libérale; car il est, aussi complétement qu'un homme peut l'être, en harmonie avec la nature. Il tirera d'elle tout le parti possible, et elle en usera de même à son égard. Ils marcheront dans un accord parfait: elle, comme sa mère, toujours bienfaisante; lui, comme son porte-voix, sa vivante reproduction, son ministre et son interprète.

Où peut-on trouver une telle éducation? Où peut-on trouver une éducation qui en approche? Je parcours du regard toute l'étendue de ces îles, et je crains que ces questions n'y trouvent une réponse négative. Voyez d'abord nos écoles primaires, examinez ce que l'on y enseigne. Un enfant apprend :

1° A lire, à écrire, à calculer, plus ou moins; mais, dans une très-grande proportion de cas, pas assez pour prendre plaisir à lire, pour pouvoir écrire convenablement une lettre des plus ordinaires.

2° Une quantité de théologie dogmatique que, neuf fois sur dix, l'enfant comprend à peine.

3° Incorporés à cet enseignement religieux, et de façon qu'ils semblent devoir subsister uniquement par lui et s'anéantir s'ils en étaient séparés, quelques principes de morale très-larges et très-simples. Tout ceci me produit l'effet d'un savant qui ferait de l'histoire de la chute de la pomme dans le jardin de Newton une partie intégrante de la doctrine de la gravitation, et qui enseignerait cette histoire en lui donnant autant d'importance qu'à la loi des carrés inverses.

4° Une quantité considérable d'histoire juive et de géographie syrienne, et peut-être un tantinet d'histoire d'Angleterre et de la géographie du pays de l'enfant. Mais je doute qu'il y ait en Angleterre une école seule où l'on trouve une carte du district renfermant le village des enfants, de façon que ceux-ci puissent, à l'aide de ce fait, comprendre ce que c'est qu'une carte de géographie.

5° Une certaine dose de régularité dans les habitudes, d'obéissance attentive, de respect pour les autres, obtenue par la crainte si le maître est incapable ou peu intelligent, par un esprit d'amour et de respect si le maître est animé de sentiments sages et judicieux.

En tant que ce programme scolaire comporte un certain degré d'instruction dans la théorie et dans la pratique de l'obéissance aux lois morales de la nature, j'admets volontiers, non-seulement qu'il renferme un élément d'éducation très-important, mais qu'il se rattache, en ceci du moins, à la partie la plus importante et la plus notable de toute éducation. Cependant comparez ce que l'on obtient sous ce rapport à ce que l'on pourrait obtenir. Pensez au temps employé à des occupations relativement sans importance, à l'oubli complet qu'on montre pour des choses d'une importance suprême, et vous serez tentés de vous rappeler le mot de Falstaff : « Un sou de pain pour une telle quantité de vin ! »

Voyons ce que peut savoir et ce qu'ignore un enfant à qui on a donné une telle « éducation ». Commençons par la chose la plus importante de toutes, la morale comme guide de la conduite. L'enfant sait assez bien que quelques actions attirent l'approbation, d'autres la désapprobation. Mais il n'a jamais entendu dire qu'il y ait dans la nature même des choses une raison pour chaque loi morale, raison aussi impérieuse et aussi bien définie que celle que l'on trouve au fond de chaque loi physique; que le vol et le mensonge sont aussi certainement suivis de conséquences fâcheuses que le fait de mettre la main au feu ou de se jeter d'un cinquième étage.

D'autre part, on a pu faire connaître à l'écolier, dogmatiquement, les lois élémentaires de la morale; mais on ne lui a rien appris sur l'application que l'on doit faire de ces lois aux problèmes si difficiles qui résultent des conditions complexes de la civilisation moderne. Ne serait-il pas injuste de demander à quelqu'un de résoudre un problème sur les sections coniques lorsqu'il n'a appris que les axiomes et les définitions des sciences mathématiques?

L'ouvrier doit se livrer au labeur le plus pénible et subir peut-être des privations de toutes sortes, tandis qu'il voit d'autres individus rouler sur l'or et jeter à leurs chiens ce qui suffirait pour empêcher ses enfants de mourir de faim. Eh bien, n'aurait-il pas été bon d'aider cet homme à calmer sa disposition naturelle au mécontentement, en lui montrant, dans sa jeunesse, comment la loi naturelle qui défend de voler est intimement liée à la stabilité de la société; en lui prouvant, une bonne fois pour toutes, qu'il vaut mieux pour sa nation, pour lui-même et pour les générations futures, qu'il meure de faim plutôt que de voler? Si vous ne pouvez adresser votre raisonnement à aucun fond de connaissances, à aucune habitude de réflexion, quelle chance avez-vous de persuader à un homme qui souffre de la faim qu'un capitaliste n'est pas un voleur? Et s'il le croit sincèrement, à quoi sert de lui citer le commandement qui défend de voler, quand il se propose de faire rendre gorge au capitaliste?

Autre chose encore. L'enfant n'apprend absolument rien de l'histoire ou de l'organisation politique de son pays. L'impression générale qui lui reste, c'est que tous les faits de quelque importance se sont accomplis dans des temps déjà très-éloignés; que la reine et les hauts personnages gouvernent le pays à peu près à la manière du roi David et des anciens et nobles d'Israël, ses uniques modèles. Donnerez-vous le droit de voter à un homme pourvu de cette dose d'instruction? Dans les temps heureux, il vendra son vote pour un pot de bière. Et pourquoi ne le ferait-il pas? Il lui sert à peu près autant qu'un chignon, et il ne saurait pas plus à quel autre usage le mettre. Dans les temps difficiles, au contraire, il applique sa petite théorie de gouvernement, et il croit que ses gouvernants sont la cause de ses souffrances, croyance qui porte quelquefois des fruits pratiques très-remarquables.

Mais ce que l'enfant apprend le moins avec cette éducation primitive que nous possédons, c'est à comprendre les lois du monde physique ou les rapports de cause à effet que l'on y observe. On doit d'autant plus regretter ce fait, que le pauvre est plus particulièrement exposé aux maux physiques, et qu'il a, par suite, un plus grand besoin de savoir les écarter que toute autre classe de la société. Si quelqu'un a intérêt à connaître les lois ordinaires de la mécanique, on croirait que c'est l'ouvrier manuel, qui travaille journellement parmi les leviers et les poulies, et ainsi de suite pour les autres branches des métiers mécaniques. Si quelqu'un doit se préoccuper des lois de la santé, c'est le pauvre, dont les forces sont épuisées par suite d'une alimentation mal préparée, dont la santé est minée par l'effet d'une mauvaise aération et d'un mauvais drainage, et qui perd la moitié de ses enfants par des maladies qui auraient pu être évitées. Non-seulement l'instruction primaire actuelle s'abstient rigoureusement de faire comprendre au pauvre que quelques-uns de ses maux les plus grands peuvent être rattachés à de simples agents physiques qu'on écarterait avec de l'énergie, de la patience et de la frugalité; mais elle fait pis, elle le rend, autant qu'elle le peut, sourd aux conseils de ceux qui pourraient l'aider, et elle s'efforce de remplacer sa tendance naturelle à rechercher une meilleure condition par une soumission orientale à ce que l'on déclare faussement être la volonté de *Dieu*. S'étonnera-t-on, après cela, si, tout récemment encore, on a fait appel à la statistique, dans le but profondément stupide de montrer que l'éducation n'est d'aucun bien, *qu'elle* ne diminue ni la misère, ni le crime parmi les *masses? Et moi* je demande : Pourquoi cette chose qu'on a appelée éducation donnerait-elle l'un ou l'autre de ces deux résultats? Si je suis un coquin ou un imbécile, vous aurez beau m'enseigner à lire et à écrire, vous ne me rendrez pas moins fripon ou moins imbécile, à moins que quelqu'un ne m'enseigne à *appliquer* la lecture et l'écriture à des desseins sages et utiles.

Supposez que quelqu'un vienne à soutenir que la médecine n'est d'aucune utilité, parce qu'on pourrait prouver par la statistique que la proportion des morts serait aussi considérable parmi les gens à qui on a enseigné comment on doit ouvrir une caisse à médicaments que parmi ceux qui n'auraient jamais vu de leur vie la clef de cette caisse. L'argument serait absurde ; et pourtant il n'est pas plus outrecuidant que celui que je combats en ce moment. Le seul médicament pour la souffrance, pour le crime et pour *tous* les autres maux de l'humanité, c'est la sagesse. Enseignez à un homme à lire et à écrire, vous lui avez mis dans les mains les grandes clefs de la boîte à sagesse. Mais quant à savoir si jamais il ouvrira cette boîte, c'est tout autre chose. Bien plus, il court autant de risque de s'empoisonner que de se guérir, s'il avale sans conseil la première drogue qui lui tombe sous la main. De nos jours, il vaut autant qu'un homme soit aveugle qu'incapable de lire; manchot, qu'incapable d'écrire. Mais j'affirme que, si l'alternative était imposée, il vaudrait mieux que les enfants des pauvres grandissent dans l'ignorance de ces deux arts puissants que de ne pas être instruits dans les principes auxquels ces arts doivent conduire.

On pourrait dire que tous ces reproches s'appliquent aux écoles primaires, mais qu'il faut bien admettre que les écoles

secondaires, au moins, donnent une éducation libérale.

Examinons un peu cette question. Qu'enseignent les écoles secondaires, celles auxquelles la grande classe moyenne du pays envoie ses enfants; qu'enseignent-elles, dis-je, au delà de l'instruction donnée dans les écoles primaires? On écrit et on lit un peu d'anglais. Mais, malgré cela, chacun sait combien il est rare de trouver, dans les classes moyennes ou inférieures, un garçon qui puisse lire convenablement à haute voix ou rédiger ses pensées dans un langage clair et grammatical, pour ne pas demander un style choisi ou élégant. Le « calcul » des écoles inférieures se développe en mathématiques élémentaires dans les écoles d'enseignement supérieur, se transforme en arithmétique, avec un peu d'algèbre et un peu de géométrie. Mais je doute qu'un seul élève sur cinq cents ait jamais entendu l'explication d'une règle d'arithmétique, et sache autrement que par routine son livre de géométrie.

En fait d'enseignement religieux, l'élève de ces écoles en reçoit moins encore que les enfants pauvres; il en reçoit moins à un point de vue absolu, et moins au point de vue relatif, parce qu'il y a une infinité d'autres choses qui réclament son attention. J'ose dire que, dans la grande majorité des cas, ses idées à ce sujet, quand il quitte l'école, sont des plus vagues et des plus nuageuses, et se rattachent, dans son esprit, à des souvenirs pénibles de longues heures passées à apprendre par cœur les collectes et le catéchisme.

La géographie moderne, l'histoire moderne, la littérature moderne, la langue anglaise, comme langue, tout le cercle des sciences physiques, morales et sociales, sont encore plus complétement ignorés dans les écoles supérieures que dans les écoles inférieures. Il y a seulement quelques années, un élève pouvait avoir fait ses classes avec la plus grande distinction et le plus grand mérite dans n'importe laquelle de nos grandes écoles publiques, sans avoir jamais entendu parler d'un seul des sujets que je viens de mentionner. Il se pouvait qu'il n'eût jamais entendu dire que la terre tourne *autour* du soleil; que l'Angleterre eut une grande révolution en 1688, la France en 1789; qu'il y eut autrefois certains hommes célèbres, comme Chaucer, Shakspeare, Milton, Voltaire, Gœthe, Schiller. Pour ce qu'il en savait, le premier pouvait être un Allemand et le dernier un Anglais. Et quant à la science, la seule idée que lui suggérait ce mot, c'était l'adresse à la boxe.

Si j'ai dit que tel était l'état des choses il y a quelques années, c'est par considération pour les « quelques justes que l'on peut trouver parmi les cités d'enseignement de la plaine. » Mais il ne faudrait pas avoir une trop bonne idée du moment où nous sommes, et il serait facile de justifier cette affirmation en interrogeant la génération actuelle des élèves sur des sujets comme ceux dont je vous ai parlé.

Arrêtons-nous maintenant un instant pour contempler ce merveilleux état de choses; car le temps viendra où les Anglais le citeront comme un bel exemple de la stupidité de leurs ancêtres au XIXe siècle. Ce sont précisément les classes moyennes de ce pays qui donnent le peuple le plus vraiment commercial, les plus grands voyageurs et les plus grands colonisateurs que le monde ait jamais vus. S'il existe un peuple qui se soit ardemment occupé, pendant ces trois derniers siècles, à fournir une histoire vraiment grande et profondément intéressante, — histoire que nous étudierions avec avidité si elle nous parlait des Grecs ou des Romains, — c'est le peuple anglais. S'il y a un peuple qui ait développé, pendant la même époque, une littérature remarquable, c'est le nôtre. S'il est une nation dont la prospérité tienne, d'une façon absolue et complète, à la domination qu'elle exerce sur les forces de la nature, à l'intelligence avec laquelle elle comprend les lois de la création et de la distribution des richesses et de l'équilibre des forces sociales, et avec laquelle elle obéit à ces lois, c'est précisément cette nation. Et pourtant voici ce que dit ce merveilleux peuple à ses enfants : « Au prix de 1000 à 2000 livres (25 000 à 50 000 francs) de notre argent, si péniblement gagné, vous consacrerez à l'école douze années parmi les plus précieuses de votre existence. Là vous travaillerez ou vous serez censés travailler; mais vous n'y apprendrez pas une seule des choses qu'il vous importera le plus de savoir sitôt que vous aurez quitté les bancs de l'école et que vous aurez commencé la pratique sérieuse de la vie. Selon toute probabilité, vous vous consacrerez au négoce, mais vous ne saurez ni où ni comment se produit n'importe quel article de commerce; vous ignorerez la différence entre l'importation et l'exportation, ou la signification du mot « capital ». Vous irez probablement chercher fortune dans quelque colonie, mais vous ne saurez pas si la Tasmanie fait partie de la Nouvelle-Galles du Sud, ou *vice versâ*.

» Il se pourra fort bien que vous deveniez manufacturier; mais on ne vous aura pas mis à même de comprendre le mécanisme d'une de vos propres machines à vapeur, ou la nature des matières premières que vous emploierez; et quand quelqu'un viendra vous demander de lui acheter un brevet, vous n'aurez pas le moindre moyen de juger si l'inventeur est un imposteur qui viole les principes les plus élémentaires de la science, ou un individu qui doit vous rendre plus riche qu'un Crésus.

« Très-probablement vous finirez par entrer à la chambre des communes. Vous prendrez part à la confection de lois qui peuvent devenir un bienfait ou un malheur pour des millions d'hommes. Mais vous n'aurez jamais entendu un mot au sujet de l'organisation politique de votre pays; on ne vous aura jamais dit en quoi consiste la controverse entre libres échangistes et protectionnistes ; vous ne saurez même pas s'il existe des lois économiques.

» La faculté mentale qui vous sera le plus utile dans votre vie journalière sera de voir les choses telles qu'elles sont, sans égard pour l'autorité; déduire de faits particuliers des conclusions générales et correctes. Mais, à l'école et au collége, vous n'entendrez parler d'autre source de vérité que l'autorité, et vous n'exercerez votre faculté de raisonner que sur des déductions qui sont tirées des prémisses posées par l'autorité.

» Vous allez avoir une vie de travail et de fatigue, où plus d'une fois vous mangerez votre pain dans le chagrin et dans la tristesse, et vous n'aurez point appris à chercher un refuge dans cette grande source de plaisirs sans alliage, dans cette oasis sereine où tout esprit brisé peut se retremper, je veux dire le monde de l'art. »

N'étais-je pas dans le vrai en disant que nous sommes un peuple merveilleux. Je suis tout disposé à reconnaître qu'une éducation entièrement consacrée aux objets dont je viens de signaler l'omission pourrait ne pas être une éducation complétement libérale. Mais l'éducation qui les écarte tous est-elle libérale? Bien plus, je ne crois pas trop m'avancer en disant que l'éducation qui embrasserait ces sujets à l'exclusion de tous les autres serait une véritable éducation,

bien qu'elle ne fût pas complète ; tandis qu'une éducation qui les met de côté ne mérite même pas ce nom, et constitue simplement un cours de gymnastique intellectuelle plus ou moins utile.

Que nous offrent, en effet, les écoles des classes moyennes à la place de toutes ces choses qu'elles laissent dans l'ombre ? Elles y substituent ce que l'on comprend habituellement sous le titre succinct « d'études classiques », — c'est-à-dire les langues, la littérature et l'histoire des anciens Grecs et Romains et autant de géographie qu'en savaient ces deux grands peuples de l'antiquité. Ne croyez pas que je vais déprécier la recherche ardente et éclairée de l'érudition classique. Je n'ai pas le moindre désir de mal parler de ces occupations, ni la moindre sympathie pour ceux qui les décrient. Au contraire, si les circonstances de ma vie m'avaient poussé dans cette direction, il n'est aucune étude que j'eusse entreprise avec plus de bonheur que celle de l'antiquité.

Quelle science peut offrir de plus vifs attraits que la philologie ? Comment un esprit amoureux de perfection littéraire pourrait-il ne pas se délecter dans l'étude des chefs-d'œuvre des anciens ? Serais-je conséquent avec moi-même si je ne prenais un intérêt, non éclairé il est vrai, mais profondément sympathique, aux travaux d'un Niebuhr, d'un Gibbon ou d'un Grote, — moi dont l'occupation principale est de déchiffrer le passé et de reconstruire des formes intelligibles avec les fragments épars d'êtres disparus depuis longtemps ? L'histoire classique forme une section importante de la paléontologie humaine ; et j'ai pour cette science le même respect que je professe pour toutes les autres branches de la paléontologie : un respect pour les faits qu'elle établit comme pour tous les faits ; un respect pour la science elle-même, parce qu'elle ouvre les voies à la découverte d'une loi de progrès.

Si l'on enseignait les études classiques comme on pourrait les enseigner, — si l'on faisait étudier aux élèves, garçons et filles, les langues grecque et latine, non pas simplement comme langues, mais comme des éléments de la science philologique ; si l'on gravait dans l'esprit des écoliers un tableau intéressant de la vie qui se déroulait il y a deux mille ans sur les rives de la Méditerranée ; si, au lieu d'enseigner l'histoire ancienne comme une série fastidieuse de querelles et de de combats, on remontait aux causes en étudiant tels hommes placés dans telles conditions ; si, enfin, on menait l'étude des livres classiques de façon à faire goûter aux élèves les beautés de ces livres et la simplicité grandiose avec laquelle ils racontent les problèmes éternels de la vie, au lieu de s'occuper uniquement de leurs particularités verbales et grammaticales, quand même on remplirait toutes ces conditions, je ne croirais pas plus pouvoir faire des études classiques la base d'une éducation libérale pour nos contemporains que je ne croirais devoir choisir ce genre de paléontologie avec lequel je suis familier comme le fondement d'une éducation moderne.

Il est étonnant à quel point on peut établir un étroit parallèle entre l'éducation classique et cette paléontologie dont je parlais à l'instant.

D'abord je pourrais fabriquer un abécédaire ostéologique si aride, si pédantesque dans sa nomenclature, si complétement désagréable au jeune esprit de mes élèves, que, sous le rapport de toutes ces perfections extraordinaires, il battrait à plate couture l'abécédaire classique le plus fameux que viendraient de produire les premiers professeurs du genre. Après cela, j'exercerais mes élèves en leur donnant des fossiles faciles à étudier, et je mettrais en jeu toutes les forces de leur mémoire et toute leur ingéniosité, en les faisant appliquer mes règles ostéo-grammaticales à l'interprétation et à la reconstitution de ces fragments. A ceux qui seraient parvenus aux classes les plus élevées, je pourrais donner des os bizarres pour en construire des animaux, et j'accorderais des grands prix d'honneur et de belles récompenses à celui qui réussirait à fabriquer des monstres le plus strictement en accord avec mes règles. Cela répondrait à la fabrication de vers et de discours en langues mortes.

A vrai dire, si quelque grand anatomiste venait à voir ces fabrications, il hausserait les épaules ou se mettrait à rire. Mais quoi ! une telle catastrophe détruirait-elle notre parallèle ? Que diraient Cicéron ou Horace, pensez-vous, en lisant la production du plus fort élève de rhétorique ? Ne verrions-nous pas Térence se boucher les oreilles et se sauver à toutes jambes s'il pouvait assister à une représentation anglaise d'une de ses pièces ? Croyez-vous que Hamlet serait plus odieusement ridicule dans la bouche d'une troupe d'acteurs français qui s'entêteraient à prononcer l'anglais d'après la méthode de leur langue ?

Mais on me dira que j'oublie, et la beauté des études classiques, et l'intérêt humain qui s'y attache. A cela je réponds qu'il n'y a qu'un homme très-fort qui soit capable de goûter les charmes d'un paysage pendant qu'il travaille à gagner par une mauvaise route le haut d'une montagne escarpée. Avec la difficulté de respirer, les pierres, les ornières, et, à côté de tout cela, l'idée du plaisir qu'on aurait à se reposer, peu de personnes, je crois, se laissent aller, dans ces circonstances, au sentiment du beau. L'écolier ordinaire se trouve précisément dans ce cas. Il trouve le Parnasse d'un accès bien difficile, et il est peu probable qu'il ait le temps ou le désir de regarder autour de lui avant d'être arrivé au sommet. Neuf fois sur dix il n'y arrive pas.

Mais si c'est là une image fidèle des résultats de l'enseignement classique vu par son plus beau côté, — et j'appuie cette assertion sur le témoignage de personnes dont l'autorité en ces matières ne saurait être contestée, — que peut-on dire de l'enseignement classique vu par son mauvais côté, ou, en d'autres termes, des études classiques de nos écoles moyennes ordinaires (1) ? Je vais vous dire ce qu'est cet enseignement. C'est apprendre par cœur des formes et des règles sans fin. C'est tourner le grec et le latin en anglais, uniquement pour pouvoir le faire et sans avoir le moindre égard à la valeur ou à la médiocrité de l'auteur qu'on étudie. C'est apprendre une quantité innombrable de fables, parfois légères, et sous une telle forme que leur signification primitive est réduite à rien, et que la seule impression laissée dans l'esprit de l'élève c'est que les personnes qui croyaient de telles choses étaient les plus grands idiots de la terre. Enfin, après douze ans passés à ce genre de travail, le patient est incapable d'interpréter un passage d'un auteur qu'il n'aurait point encore étudié ; la vue seule d'un livre grec ou latin lui donne une sensation désagréable, et jamais plus il n'ouvrira un auteur classique ou n'y pensera même qu'au moment où,

(1) Pour la justification de ce qui est dit ici au sujet de ces écoles, voyez ce livre de grande valeur : *Essays on a liberal education*, passim.

— chose vraiment étrange ! — il force ses fils à se soumettre au même labeur.

Et voilà vos dieux, ô Israël ! Par amour pour ce beau résultat (et pour la *respectabilité*) le père britannique prive ses enfants de toutes les connaissances dont ils pourraient tirer profit dans le cours de leur vie, non-seulement pour obtenir un succès vulgaire, mais pour se guider dans les grandes crises de l'humaine existence. Voilà la pierre qu'il offre à ceux que les liens les plus forts et les plus tendres lui font un devoir de nourrir avec du pain.

Si l'enseignement primaire et l'enseignement secondaire sont dans cet état très-peu satisfaisant, que dire des universités ? C'est là un sujet effrayant auquel je craindrais même de toucher de mes mains profanes. Mais je vais vous dire ce qu'en pensent ceux qui ont autorité pour en parler.

Le recteur de Lincoln-college, dans le remarquable travail qu'il a récemment publié, *Suggestions for academical organization with especial reference to Oxford*, nous dit :

« Dans l'origine, les colléges avaient été établis non pour enseigner les éléments d'une éducation libérale et générale, mais pour fournir à des hommes d'un âge plus mûr des moyens d'étude approfondie dans les facultés spéciales et professionnelles. Les universités embrassaient ces deux buts. Les colléges, tout en aidant accessoirement à l'éducation élémentaire, étaient surtout consacrés à l'enseignement le plus élevé.

» Voilà la théorie des universités au moyen âge et l'idée qui a présidé à la fondation des colléges. Le temps et les circonstances y ont apporté une révolution complète. Les colléges n'ont plus pour objet les recherches scientifiques ou les études professionnelles directes. Çà et là les murs d'un collége *peuvent abriter* un étudiant par pur accident, mais ce fait n'est pas plus fréquent que dans la vie privée. L'instruction élémentaire des jeunes gens au-dessous de vingt ans est aujourd'hui le seul office rempli par l'université et le seul but de l'établissement des colléges. Les colléges étaient des foyers où l'on pouvait étudier les parties les plus élevées et les plus abstraites des connaissances humaines. Ils sont devenus des pensionnats où les éléments des langues savantes sont enseignés aux jeunes gens. » (P. 127.)

Si la position élevée de M. Pattison et l'amour et le respect qu'il doit évidemment porter à son université ne suffisent pas pour convaincre le monde des profanes que ce langage si sévère est simplement juste, l'autorité des commissaires chargés de dresser un rapport sur l'université d'Oxford en 1850 ne peut soulever aucune opposition. Et cependant voici ce qu'ils disent :

« C'est un fait généralement admis que non-seulement Oxford, mais le pays tout entier souffre de ne pas avoir un corps de savants consacrant leur vie à la culture de la science et à la direction de l'éducation académique.

» Le fait que l'université d'Oxford publie très-peu de livres indiquant de profondes recherches lui porte un tort matériel comme centre enseignant, et lui fait perdre la place qu'elle avait dans le respect de la nation. »

Cambridge ne peut échapper aux reproches adressés à Oxford. Et, par conséquent, il paraît impossible d'éviter l'aveu que nos grands siéges d'instruction, comme nous les appelons avec amour, sont uniquement des « pensionnats » pour jeunes gens ; que les hommes instruits ne sont pas plus nombreux là qu'ailleurs ; que l'avancement des connaissances humaines n'est pas le but des chefs de ces colléges ; que, dans le silence philosophique, calme et méditatif de leurs cours aux vertes pelouses, la philosophie ne prospère pas et la méditation porte peu de fruits.

J'ai la vraie bonne fortune de compter parmi mes amis des membres résidents de ces deux universités, — hommes instruits, esprits actifs et chercheurs, cultivateurs zélés de la science, ayant constamment devant les yeux le noble idéal d'une université et faisant tous leurs efforts pour réaliser cet idéal. Ils seraient donc pour moi le type de ces universités, si les rapports pleins d'autorité que je viens de citer ne me forçaient à croire qu'ils sont exceptionnels et non *représentatifs*. Et, à vrai dire, après mûre réflexion, de nombreuses circonstances me portent à croire que le recteur de Lincoln-college et les commissaires précités ne doivent pas être loin de la vérité.

Il ne peut être douteux, je crois, que l'étranger qui voudrait connaître l'activité scientifique et littéraire de l'Angleterre moderne perdrait simplement son temps et sa peine s'il allait visiter dans ce but nos deux universités.

Et quant à des ouvrages de profondes recherches sur quelque sujet que ce soit, mais surtout en matière d'érudition classique pour laquelle les universités font profession de presque tout sacrifier, je dis qu'une pauvre université allemande de troisième ordre donne chaque année plus de produits de ce genre que n'en élaborent pendant dix ans nos vastes et riches universités.

Demandez à un individu qui veut étudier une question à fond, qu'elle soit historique, philosophique, philologique, physique, littéraire ou théologique ; qui cherche à se rendre maître d'un sujet abstrait (excepté peut-être l'économie politique et la géologie, sciences essentiellement anglaises), demandez-lui s'il n'est pas obligé de lire six fois plus de livres allemands que de livres anglais. Et demandez-lui si, dans le nombre de livres anglais, il y en a plus d'un sur dix qui soit l'ouvrage d'un sociétaire de collége ou d'un professeur d'université anglaise ?

Est-ce à dire que cela tienne à un défaut de puissance dans l'esprit anglais comparé à l'esprit allemand ? Les compatriotes de Grote et de Stuart Mill, de Faraday, de Robert Brown, de Lyell et de Darwin, pour ne pas remonter au delà de nos contemporains, peuvent se permettre de rire d'une pareille idée. L'Angleterre peut montrer aujourd'hui, comme elle a pu le faire dans chaque génération successive, depuis que la civilisation s'est portée en Occident, des hommes qui maintiennent leur rang contre le monde entier et qui perpétuent la tradition de sa grandeur intellectuelle.

Mais, dans la majorité des cas, ces hommes doivent la valeur qu'ils ont à leur puissance intellectuelle native et à leur force de caractère qui ne connaît pas d'obstacles. Ils ne sont pas élevés dans les cours du temple de la science ; mais ils en assiégent les murs, de mille façons irrégulières, à grands frais de temps et de forces, pour pouvoir parvenir aux positions dues à leurs mérites.

Non-seulement nos universités n'encouragent pas de pareils hommes, non-seulement elles ne leur offrent pas des positions dans lesquelles ils se feraient un devoir d'accomplir de leur mieux ce qu'ils seraient le plus capables d'accomplir ; mais, autant que possible, l'éducation universitaire enlève de l'esprit de tous ceux qui y sont assujettis l'idée qu'il y ait quoi que ce soit au monde dont ils seraient plus spécialement capables. Vous imaginez-vous avec quel succès on essayerait de calmer la soif intellectuelle d'un des hommes

que j'ai cités, en lui proposant comme seul but de l'existence l'imitation heureuse de la mesure d'une chanson grecque ou du roulement de la période cicéronienne? Imaginez avec quel succès on essayerait de persuader à ces hommes que l'éducation qui donne ces perfections élégantes est seule digne du nom de culture intellectuelle; tandis que les faits de l'histoire, les opérations de la pensée, les conditions de l'existence morale et sociale, et les lois de la nature physique doivent être abandonnés aux mains des profanes barbares pour y devenir ce qu'ils peuvent!

Ce n'est pas ainsi que les universités allemandes, dont on parlait à peine il y a un siècle, sont devenues ce qu'elles sont aujourd'hui, — les corporations intellectuelles les plus assidûment cultivées et les plus glorieusement fécondes que le monde ait jamais eues.

L'étudiant qui s'y adresse voit, dans la liste des classes et des professeurs, un tableau fidèle des connaissances humaines. Quelle que soit la chose qu'il désire apprendre, il y a là quelqu'un tout prêt à la lui enseigner et parfaitement capable de le guider dans cette étude. Quelle que soit sa vocation spéciale, s'il est intelligent et laborieux, il parviendra avec le temps à acquérir de la distinction et à se faire une carrière. Parmi les professeurs, il voit des hommes dont les noms sont connus et estimés de toute la civilisation: leur exemple vivant l'anime d'une noble ambition et d'un amour ardent pour le travail.

Les Allemands dominent le monde intellectuel en vertu du secret si simple qui fit de Napoléon le maître de la vieille Europe. Ils ont déclaré la *carrière ouverte aux talents*. Chaque bursch marche avec la toge d'un professeur dans son havresac : qu'il devienne un grand érudit classique ou un grand savant, et les ministres se le disputeront. En Allemagne, on n'abandonne pas à la décision inintelligente d'un ballottage effréné, ou à la sagesse finale d'une réunion de curés de campagne, la chance de voir parvenir un tel homme à une place qu'il rendrait illustre.

Bref, en Allemagne, les universités sont exactement ce que les universités anglaises ne sont pas, au dire du recteur de Lincoln et des commissaires, — c'est-à-dire des corporations « d'hommes instruits consacrant leur vie à la culture de la science et à la direction de l'éducation académique ». Ce ne sont pas des « pensionnats pour jeunes gens » ni des séminaires cléricaux, mais des institutions destinées à une culture plus élevée des hommes, institutions dans lesquelles la faculté de théologie n'a pas plus d'importance ou de prépondérance que les autres, et qui sont réellement des « universités », puisqu'elles s'efforcent de représenter et de renfermer la totalité des connaissances humaines et de faire place à toutes les formes d'activité intellectuelle.

Puissent des réformateurs zélés et judicieux comme M. Pattison réussir dans leurs nobles efforts pour ramener nos universités vers un idéal comme celui-ci, tout en conservant ce qu'il peut y avoir de bon et de distinctif dans leur ton social! Mais, tant que leurs efforts n'auront pas abouti, on ne pourra pas plus obtenir une éducation libérale dans nos universités d'Oxford et de Cambridge que dans nos écoles publiques.

Si j'ai raison de me faire cet idéal d'une éducation libérale, si je dis vrai en parlant comme je fais de nos établissements actuels d'instruction publique, il est clair que ceux-ci sont loin d'être ce qu'ils devraient être; que la meilleure de nos écoles et la plus parfaite instruction fournie par nos universités ne donnent qu'une éducation étroite, inégale et essentiellement illibérale, tandis que les plus mauvaises donnent une éducation qui ne mérite même pas ce nom. Le *South London working men's College* ne pourrait imiter aucun de ces établissements, quand même il le voudrait, et j'ose exprimer la conviction qu'il ne devrait pas le faire quand il le pourrait.

Ce qui est nécessaire, ce n'est pas le seul nom d'une éducation libérale, mais la chose elle-même, et ce collége doit avoir constamment en vue l'ambition de pouvoir la donner tôt ou tard. Nous ne faisons aujourd'hui que commencer, qu'aiguiser nos outils d'enseignement pour ainsi dire, et, à l'exception d'un peu de physique, nous ne pouvons guère offrir plus qu'on ne trouve dans une école ordinaire.

La science morale et sociale,— une des plus grandes et des plus fécondes de nos classes futures, je l'espère, — ne manque que par un seul côté dans notre programme, par le professeur, — défaut considérable sans doute; mais n'oublions pas qu'il vaut mieux manquer d'un professeur que du désir d'apprendre.

Il nous manque, en outre, ce que j'appellerai, faute d'un meilleur nom, la géographie physique. J'entends par là ce que les Allemands appellent *Erkunde*. C'est la description de la terre, de sa place et de ses rapports avec les autres corps, de sa structure générale et de ses grands traits, — vents, marées, montagnes et plaines; des formes principales du monde végétal et du monde animal, des variétés de l'espèce humaine. C'est un point de départ qui peut donner lieu à la somme la plus considérable de connaissances utiles et agréables.

La littérature ne se trouve pas sur le programme du collége, mais j'espère l'y voir un jour. Car la *littérature est la* source la plus abondante de plaisirs délicats; et un des plus grands avantages d'une éducation libérale, c'est de nous mettre à même de goûter un tel ordre de plaisirs. L'étude des trésors si riches de notre seule langue fournit un vaste champ pour tous les besoins d'une éducation libérale. Tout *ce qu'il* faut, c'est une bonne direction et la recherche d'un *goût délicat* par le soin d'une critique judicieuse. Mais il n'y a pas de raison pour qu'on ne sache pas assez de français et d'allemand pour pouvoir lire avec plaisir et profit tout ce qui mérite d'être lu dans ces deux langues.

Et finalement, — un peu plus tard, — il nous faudra l'histoire, traitée non comme une succession de batailles et de dynasties, non comme une série de biographies, non comme la preuve que la Providence a toujours été du côté des whigs ou du côté des tories, mais comme le développement de l'homme dans les temps passés et dans des conditions *autres* que les nôtres.

HUXLEY.

— Traduit de l'anglais par John FAURE. —

UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE.

(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

M. L. AGASSIZ (1)

(correspondant de l'Institut de France).

Relation des êtres organisés avec le monde ambiant.

Tous les animaux, tous les végétaux, sont dans un certain rapport défini avec le monde ambiant. Quelques-uns d'entre eux, comme les animaux domestiques et les plantes cultivées, sont à la vérité susceptibles de s'adapter plus aisément que les autres à des conditions diverses; mais cette flexibilité même est un trait caractéristique. Ce rapport est de la plus haute importance, pour peu qu'on se place à un point de vue systématique, et mérite de la part des naturalistes l'attention la plus scrupuleuse. Or, la direction qu'ont prise les études zoologiques depuis que l'anatomie comparée et l'embryologie se sont presque entièrement emparées de l'attention des observateurs, a été très-défavorable aux recherches sur les mœurs des animaux. C'est cependant par les mœurs que se manifestent plus spécialement leurs relations entre eux et celles qu'ils ont avec les circonstances au sein desquelles ils vivent. Il faut aller chercher dans les auteurs du siècle dernier les notions vraiment intéressantes sur les mœurs des animaux, car bien petit est le nombre des écrivains modernes qui se sont occupés principalement de ce sujet. On y attache de nos jours si peu d'importance, que les hommes qui étudient cette branche de l'histoire naturelle sont difficilement reconnus comme des égaux par les naturalistes leurs confrères, anatomistes, physiologistes et classificateurs. Pourtant, sans une connaissance approfondie des mœurs des animaux, il sera toujours impossible de déterminer avec un suffisant degré de précision les limites vraies de toutes ces *espèces* que la zoologie descriptive a admises de notre temps avec une si grande confiance en elle-même. En définitive, qu'importe à la science que mille espèces de plus ou de moins soient décrites et introduites dans nos systèmes, si nous ne savons rien sur leur compte? Un défaut, trop commun dans tous les ouvrages relatifs aux mœurs des animaux, a sans doute contribué à en diminuer la valeur et à détourner l'attention dans une direction autre : c'est le caractère purement anecdotique de tous ces travaux, et la circonstance que trop souvent ils ont servi de prétexte au récit d'aventures personnelles. Néanmoins l'importance de cette sorte d'études pourrait difficilement être surfaite, et il est hautement à souhaiter que les naturalistes rentrent dans cette voie, aujourd'hui que l'anatomie comparée, la physiologie et l'embryologie peuvent leur suggérer tant d'idées nouvelles et que les progrès de la géographie physique fournissent une large base aux recherches de ce genre. On pourrait alors savoir si, véritablement, les espèces décrites sur des spécimens isolés sont fondées dans la nature, ou si elles ne sont pas plutôt un certain degré de développement d'autres espèces. On pourrait connaître ce que l'on connaît encore si mal, jusqu'où va l'amplitude des variations chez les animaux, quand on les observe à l'état sauvage, ou plutôt ce qu'il y a d'individuel dans tous

(1) Voyez ci-dessus page 345, numéro du 2 mai 1868 et page 643, numéro du 5 septembre.

lité est, en effet, si prononcée dans certaines familles, — et celle des tortues en offre un exemple très-frappant, —qu'une description rigoureuse des espèces ne peut guère être faite sur des spécimens isolés, et c'est pourtant ce qu'on essaye toujours de faire. J'ai vu des centaines d'exemplaires de certains de nos Chéloniens sans en rencontrer deux absolument identiques. A vrai dire, les limites de cette variabilité constituent un des plus importants caractères de quelques espèces. Sans une connaissance précise du point exact où elle cesse pour chaque genre, il serait impossible d'obtenir jamais une base solide pour la distinction des espèces. Quelques-unes des questions les plus indécises de la Zoologie et de la Paléontologie auraient pu être fixées depuis longtemps, si l'on avait eu des notions précises sur ce point et si l'on savait mieux quelle inégalité présentent, à cet égard, les différents groupes du règne animal, quand on les compare les uns aux autres. Tandis que les individus de certaines espèces semblent tous différents et pourraient être décrits comme espèces distinctes, si on les voyait séparément ou si on les avait recueillis dans des contrées différentes, ceux d'autres espèces paraissent avoir été coulés tous dans un moule unique. On doit donc voir tout de suite combien divers peuvent être les résultats de la comparaison entre deux faunes, pour peu que les espèces de l'une aient été l'objet de longues et minutieuses études de la part des naturalistes du pays, et que celles de l'autre soient seulement connues par des échantillons ramassés au hasard par des voyageurs, ou encore lorsque des fossiles, représentants de certaines espèces à une période donnée, sont rapprochés des animaux actuellement vivants, sans que les deux faunes aient été revisées d'abord d'après un type commun (1).

Une autre lacune dans la plupart des ouvrages relatifs aux mœurs des animaux, c'est l'absence de vues générales et de comparaisons. Ils ne nous font pas connaître à quel degré des animaux rapprochés par leur structure se ressemblent par les habitudes, ni si les mœurs sont l'expression de la structure. Chaque espèce est décrite comme si elle était unique au monde ; ses particularités sont le plus souvent exagérées comme pour la faire ressortir davantage au milieu des autres. Quel intérêt cependant n'offrirait pas l'étude comparative de la manière de vivre d'espèces étroitement alliées ! Combien serait instructive la peinture de la ressemblance qu'offrent, sous ce rapport, des espèces du même genre ou de la même famille ! Plus j'étudie ce sujet, plus je suis frappé de la similitude qui existe dans les mouvements, les habitudes générales et même l'intonation de voix chez des animaux appartenant à une même famille, c'est-à-dire chez des animaux qui ont essentiellement une grande conformité de figure, de stature, de structure et de mode de développe-

(1) A cet égard, je ferai remarquer que, dans la plupart des cas où l'identité spécifique a été affirmée entre des espèces fossiles et des espèces vivantes, ou bien entre des espèces fossiles de périodes diverses, les familles auxquelles ces cas sont empruntés offrent ou une très-grande similitude, ou au contraire une variabilité excessive, et, par conséquent, il est très-difficile de fixer les limites de l'espèce. Ces sortes de cas devraient être absolument laissés de côté dans la discussion des questions générales où sont engagés des principes fondamentaux, comme on fait pour les observations qui ne méritent pas créance dans les autres branches de la science. Cf. d'ailleurs mon mémoire *sur la diversité et le nombre des animaux* où ce point est envisagé d'une manière spéciale. — L. A.

ment. Une étude minutieuse des mœurs, des mouvements, de la voix des animaux, ne peut manquer, par conséquent, de jeter plus de clarté sur leurs affinités naturelles.

En même temps que je constate la très-grande importance de ce genre d'études, au point de vue de la coordination systématique des animaux, je ne puis m'empêcher de regretter profondément qu'on n'en comprenne pas mieux la valeur au point de vue des notions que ces recherches peuvent fournir sur les animaux eux-mêmes, toute question de système écartée. Combien ne reste-t-il pas à apprendre sur chaque espèce après qu'on l'a nommée et classée! Personne ne peut lire l'*Histoire naturelle des Oiseaux en Allemagne* par Naumann, sans faire la réflexion que l'histoire naturelle serait bien plus avancée si les mœurs de tous les autres animaux avaient été aussi soigneusement étudiées et aussi minutieusement décrites. Et cependant ce livre ne contient presque rien qui ait de l'importance sous le rapport de la distribution systématique des Oiseaux. Nous ne possédons que les données les plus élémentaires pour la discussion, sur une base scientifique, de la question des instincts, ou en général des facultés des animaux comparés soit entre eux, soit avec l'Homme. Cela tient non-seulement à ce que peu d'animaux ont été étudiés à fond, mais à ce qu'un bien plus petit nombre encore ont été observés durant les premières phases de la vie, alors que les facultés commencent à se développer. Et pourtant combien il est attrayant, combien il est instructif cet âge du développement, dans tout être qui vit! Qui pourrait, par exemple, continuer un instant de plus à croire que les mœurs des animaux sont, à un degré quelconque, déterminées par les circonstances dans lesquelles ils vivent, après avoir vu la petite tortue du genre *Chelhydra*, encore enfermée dans l'œuf, dont elle occupe à peine la partie moyenne, le sac du jaune, aussi volumineux qu'elle, pendant sous la face inférieure du corps enveloppé par l'amnios et l'allantoïde, les yeux clos, happer avec autant de force que si elle pouvait mordre sans se tuer elle-même? Qui a pu voir le « *Sunfish* » (*Pomotis vulgaris*) se balançant sur ses œufs et les protégeant pendant des semaines, ou le *Chat marin* (*Pimelodus catus*) se mettant en mouvement avec ses petits, comme une poule avec ses poussins, sans demeurer convaincu que le sentiment qui les guide dans ces actes est de même nature que celui qui attache la vache à son nourrisson ou la mère à l'enfant? Quel est l'observateur qui, après avoir constaté cette analogie entre certaines facultés de l'Homme et certaines facultés des animaux supérieurs, peut, dans l'état actuel de nos connaissances, se dire prêt à tracer la limite où cesse ce qu'il y a de naturellement commun à l'un et aux autres? Assurément, pour parvenir à déterminer l'exact caractère de toutes ces facultés, il n'y a qu'une voie ouverte : c'est l'étude des mœurs des animaux et la comparaison entre ces êtres et l'Homme aux premières phases de son développement. J'avoue que je ne saurais dire en quoi les facultés mentales d'un enfant diffèrent de celles d'un jeune chimpanzé.

Aujourd'hui que nous avons des cartes physiques de presque toutes les contrées du globe, indiquant la température moyenne de l'année et celle de chaque saison sur les continents et sur les mers; aujourd'hui que l'élévation moyenne des terres au-dessus du niveau des océans et leurs particularités caractéristiques, vallées, plaines, plateaux, systèmes orographiques, sont suffisamment connues; aujourd'hui que la distribution de l'humidité dans l'atmosphère, les limites des bassins, la direction dominante des vents, le sens des courants océaniques, sont non-seulement déterminés, mais encore figurés sur les cartes, même dans les atlas des écoliers; aujourd'hui que la structure géologique de presque toutes les parties du globe a été établie avec un degré passable de précision, les zoologistes ont devant eux le champ le plus vaste, la base la plus exacte qu'ils puissent souhaiter, pour la détermination de tous les rapports existant entre les animaux et le monde ambiant.

Nous nous sommes uniquement occupés jusqu'ici de la part qu'auraient pu avoir les forces physiques à la venue au monde des êtres organisés, et nous nous sommes convaincus qu'elles ne sont point la cause de l'existence de ces êtres. Il nous faut maintenant examiner plus particulièrement les relations qui ont lieu entre le monde organique et le monde physique, mais simplement comme fait existant, comme conditions auxquelles, à l'heure de la création, plantes et animaux furent assujettis dans des limites définies d'action et de réaction réciproques. Si les êtres animés ne sont pas le produit de l'activité du monde physique, il n'en est pas moins vrai qu'ils vivent au sein de ce monde; ils y sont nés, ils s'y développent, ils s'y multiplient, ils se l'assimilent et s'en nourrissent; ils exercent même sur lui une influence modificatrice dans cette même mesure où, de son côté, il favorise les manifestations de la vie. La description de ces rapports ne peut donc pas manquer d'être profondément instructive et intéressante, même en laissant de côté la question de savoir comment ils ont été établis. Or, c'est là la sphère d'investigation qu'embrasse l'étude des mœurs des animaux. La manière d'être de chaque espèce vis-à-vis de ses coexistants, et par rapport aux conditions dans lesquelles elle vit, voilà un champ de recherches aussi vaste que riche en détails et de l'intérêt le plus haut. En le cultivant pour lui-même, et sans sortir de la sphère qui imprime plus particulièrement à chaque espèce animale ou végétale ses caractères essentiels, on y trouvera vraisemblablement la preuve la plus directe et la plus inattendue de l'indépendance naturelle des forces physiques et des organismes, à moins que je ne me trompe sur la valeur des faits que j'ai moi-même pu recueillir. Que peut-il y avoir de plus caractéristique pour les différentes espèces d'animaux que leurs mouvements, leurs jeux, leurs affections, leurs amours, les soins de leur progéniture, la dépendance des jeunes à l'égard des parents, leurs instincts, etc., etc.? Or, rien de tout cela n'est subordonné, au plus petit degré, à la nature ou à l'action des circonstances physiques dans lesquelles les animaux vivent. Les fonctions organiques elles-mêmes sont indépendantes, à un degré dont on n'a pas l'idée, de ces circonstances, bien que ce soit là le côté de l'existence qui montre les connexions les plus étroites avec le monde environnant.

Trop longtemps les fonctions ont été considérées comme le critérium du caractère des organes. C'était presque devenu un axiome, en anatomie comparée et en physiologie, que des fonctions identiques supposent des organes identiques. La plupart de nos traités généraux d'anatomie comparée ont leurs divisions fondées sur ce principe. Or, jamais principe plus faux et produisant des conséquences plus désastreuses n'a été aussi généralement admis. C'est chose surprenante que les naturalistes ne l'aient pas depuis longtemps répudié; il n'est pas un d'entre eux qui ne doive s'apercevoir de plus en plus combien il est peu fondé. Les organes de la circula-

tion et de la respiration chez les Poissons en sont un exemple remarquable. Pendant combien de temps n'a-t-on pas regardé les branchies de ces animaux comme les équivalents des poumons des Vertébrés supérieurs, simplement parce qu'elles sont des organes respiratoires. Cependant les branchies sont formées d'une tout autre manière que les poumons ; elles ont avec le système vasculaire des rapports tout différents, et l'on sait aujourd'hui qu'elles peuvent exister en même temps que les poumons, comme cela se voit chez quelques Batraciens adultes, et aux phases premières de la vie embryonnaire, chez tous les Vertébrés. Il ne peut plus y avoir aujourd'hui aucun doute que ce ne soient là des organes essentiellement divers, dont les fonctions ne sont point un indice certain de leur nature et ne fournissent aucun argument en faveur de leur identité. On en peut dire autant du système vasculaire des Poissons. Cuvier fait du cœur de ces animaux le représentant de l'oreillette et du ventricule droits, par cette raison qu'il pousse dans les branchies le sang qu'il contient, de la même manière que le ventricule droit lance le sang dans les poumons des animaux à sang chaud. Mais l'embryologie nous a montré que cette comparaison, basée sur les relations spéciales du cœur des Poissons, est injustifiable. Les sacs à air de certaines Araignées ont aussi été considérés comme des poumons parce qu'ils remplissent des fonctions respiratoires analogues; ce ne sont cependant que des trachées modifiées, construites sur un plan si particulier et ayant avec l'espèce de sang propre aux Articulés des rapports si différents, qu'aucune homologie ne peut être signalée entre eux et les poumons des Vertébrés. Ils n'en ont pas davantage avec les soi-disant poumons des Mollusques à respiration aérienne, chez lesquels les cavités respiratoires aériennes sont simplement une modification des branchies, d'un genre spécial, qu'on trouve chez les autres Mollusques. Il serait facile de multiplier les exemples. Je me bornerai à indiquer encore le canal alimentaire des Insectes et des Crustacés, avec ses appendices glandulaires, qui est formé d'une tout autre façon que celui des Vertébrés, des Mollusques ou des Rayonnés ; de même les membres, les ailes, etc., etc. J'ajouterai que ce qu'on appelle le pied chez les Mollusques n'a rien qui puisse permettre de conserver l'idée de l'analogie qu'implique ce nom, entre l'appareil locomoteur des Mollusques et celui des Vertébrés ou des Articulés. L'emploi de telles dénominations ne peut manquer de tromper les débutants, et cependant il y a encore des maîtres qui ne savent pas s'affranchir de l'extravagance des comparaisons de ce genre, surtout quand il s'agit des parties solides de la structure des animaux inférieurs.

On avait identifié les fonctions et les organes, par une conséquence naturelle des idées qui prévalaient quant à la prétendue influence exercée par les forces physiques sur les êtres organisée. Mais, dès qu'on a eu compris que des organes peuvent être très-différents tout en accomplissant les mêmes fonctions, l'organisation s'est trouvée placée. vis-à-vis des agents physiques dans une situation telle qu'il est devenu impossible de persister à voir entre eux un lien génésique. Un Poisson, un Crabe, une Moule, qui vivent dans les mêmes eaux, respirent à la même source, devraient avoir les mêmes organes respiratoires, si les éléments dans lesquels ils vivent avaient quelque chose à voir avec les détails de leur organisation. Je ne suppose personne d'assez borné pour imaginer que les mêmes puissances physiques, agissant sur des animaux de type différent, doivent produire, pour chacun, des organes particuliers, s'ans s'apercevoir tout de suite qu'une semblable supposition implique l'existence préalable de ces animaux, indépendamment de l'action des puissances physiques. Mais cette erreur est si constamment reproduite dans les discussions sur ce sujet, ou sur des sujets semblables, que, à cause de sa fréquence même, il faut la réfuter (1). Au contraire, si l'on reconnaît qu'une conception intellectuelle a été le point de départ de l'existence, non-seulement des êtres organisés, mais de toutes les choses de la nature, quoi de plus naturel que de trouver en même temps la variété introduite dans le plan, dans la complication, dans les détails de la structure des animaux, et la variété établie également dans leurs rapports avec le monde ambiant, en sorte qu'une même fonction puisse être accomplie par des appareils très-différents !

Les rapports entre individus de la même espèce ne sont pas moins fixes et déterminés, chez les animaux, que ceux des espèces avec les milieux ambiants, dont nous nous sommes occupés jusqu'ici. Les rapports d'individu à individu sont d'un caractère tel, qu'on aurait dû y voir une preuve suffisante de l'intervention directe d'un esprit réfléchi ayant, à l'exclusion de toute autre cause, appelé les êtres organisés à l'existence. On peut jusqu'à un certain point concevoir que les agents physiques aient pu produire quelque chose d'analogue au corps des animaux inférieurs ou des plantes les plus simples. Ils auraient pu aussi, toutes circonstances demeurant égales, reproduire la même chose qu'ils avaient déjà produite, et cela indéfiniment, par la répétition des mêmes procédés. Mais ce que je suis incapable de comprendre, c'est que, après une analyse plus profonde des possibilités que comporte un pareil cas, on n'aperçoive pas du premier coup combien il est choquant de pousser la supposition plus loin, et d'admettre que ces agents ont pu déléguer le pouvoir de reproduire ce qu'ils venaient de mettre au monde aux objets mêmes de leur création ; cela avec des limitations telles que ces objets ne pussent jamais reproduire que des êtres en tout semblables à eux-mêmes ! On ne saurait non plus supposer que, partant de la structure la plus simple, ce même mode d'activité ait pu s'élever peu à peu à la production d'une structure plus parfaite ; car chaque degré intermédiaire implique l'introduction de nouvelles possibilités qui ne sont même pas contenues dans l'hypothèse originelle. Déléguer un pouvoir de cette nature ne peut être qu'un acte d'intelligence. En effet, entre la production d'un nombre indéfini d'êtres organisés comme résultat final de l'action des lois physiques et la reproduction de ces mêmes êtres par eux-mêmes, il n'y a aucun lien nécessaire. Les générations successives d'une plante ou d'un animal ne peuvent avoir, en ce qui concerne leur origine, aucun rapport de causalité avec les agents physiques, à moins que ceux-ci n'aient la faculté de déléguer leur propre activité, avec la pleine et entière vertu qu'elle possé-

(1) Le jour n'est pas loin, je l'espère, où botanistes et zoologistes se défendront également de partager les doctrines physicistes qui prévalent plus ou moins, actuellement, sur l'origine et l'existence des êtres organisés. Quand il viendrait un moment où la lutte que je soutiens aujourd'hui contre ces doctrines ferait l'effet d'une bataille contre des moulins à vent, je ne regretterais jamais d'avoir pris tant de peine pour maintenir mes compagnons de travail dans la bonne direction. D'un autre côté, je proteste et je protesterai toujours contre la bigoterie de certaines sectes qui voudraient imposer à la science des doctrines ne découlant point immédiatement de prémisses scientifiques et en [illegible] la marche et la liberté.

dait lorsque cette plante ou cet animal ont été produits pour la première fois. C'est en effet une loi physique que la résultante est égale à la somme des forces appliquées dans le même sens. Si quelque être nouveau avait jamais été le résultat de l'action des forces brutes, comment les générations successives provenant de cet être pourraient-elles, à l'instant de leur naissance, se mettre, à l'égard de ces forces, dans les mêmes rapports où étaient leurs ancêtres, à moins d'avoir en elles-mêmes la faculté de maintenir leurs caractères en dépit des forces productrices? Pourquoi, de plus, les animaux et les plantes commenceraient-ils à se décomposer, dès que la vie cesse, sous l'action des forces mêmes qui furent nécessaires au maintien de la vie, si celle-ci avait été limitée ou déterminée par ces agents physiques?

Il existe entre individus de la même espèce des rapports beaucoup plus complexes que ceux auxquels il vient d'être fait allusion. Ils établissent encore mieux l'impossibilité d'une subordination causale des êtres organisés aux forces physiques. Les rapports sur lesquels est fondée la conservation de l'espèce résultent, dans tout le règne animal, de l'universel antagonisme des sexes, et leur infinie diversité dans les différents types n'a réellement rien à voir avec les conditions extérieures de l'existence. Ce sont seulement des rapports d'individu à individu, en dehors des connexions qu'ont ces êtres avec le monde matériel dans lequel ils vivent. Comment donc ces rapports pourraient-ils être un produit des causes physiques, quand nous savons que les agents de cette nature ont une sphère d'action spécifique qui n'a rien de commun avec cette autre sphère de phénomènes?

Il est hors de doute que les rapports d'individu à individu sont, en très-grande partie, de nature organique et doivent être, comme tels, examinés au même point de vue que tout autre trait général de l'organisation; mais il y a aussi en eux quelque chose qui participe du caractère psychologique, en prenant ce mot dans sa plus large acception.

Quand les animaux se battent, quand ils s'associent pour un but commun, quand ils s'avertissent l'un l'autre du danger, quand ils viennent au secours l'un de l'autre, quand ils montrent de la tristesse ou de la joie, ils manifestent des mouvements de même espèce que ceux qu'on met au nombre des attributs moraux de l'Homme. Leurs passions sont aussi fortes et aussi nombreuses que celles de l'âme humaine, et il m'est impossible d'apercevoir une différence de nature entre les unes et les autres, encore qu'elles puissent différer beaucoup dans le degré et dans l'expression. La gradation des facultés morales, dans les animaux supérieurs et dans l'Homme, est tellement imperceptible, que, pour dénier aux premiers un certain sens de responsabilité et de conscience, il faut exagérer outre mesure la différence qu'il y a entre eux et l'Homme. Il existe, en outre, chez les animaux, dans la mesure de leurs capacités respectives, tout autant d'individualité qu'il en existe chez l'Homme. C'est là un fait dont peut témoigner tout chasseur, tout dompteur, tout éleveur ou tout fermier possédant une longue expérience des animaux, soit sauvages, soit dressés ou domestiqués.

Cela dépose fortement en faveur de l'existence, dans tout animal, d'un principe immatériel semblable à celui qui, par son excellence et la supériorité de ses dons, place l'Homme si fort au-dessus des animaux (1). Ce principe existe sans aucun doute; et qu'on l'appelle âme, raison ou instinct, il présente dans toute la chaîne des êtres organisés une série de phénomènes étroitement liés les uns aux autres. Il est le fondement non-seulement des plus hautes manifestations de l'esprit, mais encore de la permanence des différences spécifiques qui caractérisent chaque organisme. La plupart des arguments de la philosophie en faveur de l'immortalité de l'âme humaine s'appliquent également à la persistance de ce principe chez les autres êtres animés. Pourquoi n'ajouterais-je pas qu'une vie future dans laquelle l'Homme serait privé de cette inépuisable source de plaisir et de progrès moral et intellectuel, qu'il trouve dans la contemplation des harmonies du monde organique, serait tristement amoindrie? Ne devons-nous pas regarder ce concert spirituel que forme la combinaison des mondes et de tous leurs habitants en présence du Créateur, comme la plus haute conception possible d'un paradis?

DUALISME SEXUEL.

Les études les plus approfondies de la structure des animaux, celles qui constituent le triomphe de la science, nous ont appris à reconnaître parmi ces êtres certains traits communs. C'est ce que l'on appelle des *affinités*, si l'on compare

(1) Il est facile de démontrer que les opinions, généralement reçues, qui exagèrent la différence existant entre le Singe et l'Homme, proviennent de l'ignorance où étaient les anciens, et spécialement les Grecs, auxquels nous sommes redevables de notre culture intellectuelle, de l'existence des Orangs-Outans et des Chimpanzés. Les animaux les plus voisins de l'Homme que connussent les Grecs étaient le Patas (κῆβος), le Babouin (κυνοκέφαλος) et le Magot commun (πίθηκος). Une traduction moderne d'Aristote lui fait dire, il est vrai, que les Singes forment la transition entre l'Homme et les Quadrupèdes (*Aristoteles, Naturgeschichte der Thiere*, trad. du docteur F. Strack, Francfort-sur-le-Mein, 1816, p. 65); mais l'original ne dit rien de semblable. Dans l'*Histoire des animaux*, liv. II, chap. v, on lit simplement : ἔνια δὲ τῶν ζώων ἐπαμφοτερίζει τὴν φύσιν τῷ τε ἀνθρώπῳ καὶ τοῖς τετράποσιν. Il y a une grande différence entre « participent à la fois de la nature de l'homme et de celle des quadrupèdes », et « forment la transition entre l'homme et les quadrupèdes ». Le chapitre tout entier est consacré à l'énumération des analogies de structure que ces trois Singes présentent avec l'Homme; mais l'idée d'une étroite affinité n'est pas même exprimée, et moins encore celle d'une affinité entre l'Homme et les Quadrupèdes. L'écrivain, au contraire, insiste très-fortement sur les différences marquées qu'il y a entre eux, et il sait, aussi parfaitement que n'importe quel anatomiste moderne, que les Singes ont quatre mains : ἔχει δὲ καὶ βραχίονας, ὥσπερ ἄνθρωπος,.... ἰδίους δὲ τοὺς πόδας· εἰσὶ γὰρ οἷον χεῖρες μεγάλαι. Καὶ οἱ δάκτυλοι ὥσπερ οἱ τῶν χειρῶν, ὁ μέγας μακρότατος· καὶ τὸ κάτω τοῦ ποδὸς χειρὶ ὅμοιον, πλὴν ἐπὶ τὸ μῆκος τὸ τῆς χειρὸς ἐπὶ τὰ ἔσχατα τεῖνον καθάπερ θέναρ. Τοῦτο δὲ ἐπ᾽ ἄκρου σκληρότερον, κακῶς καὶ ἀμυδρῶς μιμούμενον πτέρναν.

Il est étrange que ces distinctions claires et précises fussent si complétement tombées en oubli au temps de Linné, que ce grand réformateur de l'histoire naturelle dût avouer, en 1746, qu'il ne connaissait pas de caractère par lequel on pût distinguer l'Homme du Singe (*Fauna suecica*, præfatio, p. 2) : « Nullum characterem adhuc eruere potui, « unde Homo a Simia internoscatur. » Mais ce n'est pas seulement au point de vue des analogies et des différences de la structure que les rapports entre les animaux et l'Homme doivent être envisagés. L'histoire psychologique des animaux montre que, si l'Homme se rapproche d'eux par le plan de sa structure, à leur tour les animaux se rapprochent de l'Homme par le caractère de leurs facultés; seulement, chez l'Homme, celles-ci sont tellement transcendantes, qu'elles indiquent d'abord la nécessité de rejeter toute idée d'une parenté quelconque entre lui et le règne animal. L'histoire naturelle des animaux n'est donc pas complète tant qu'on se borne à étudier, si profondément que ce soit, la partie corporelle de leur nature. Il y a positivement en eux une individualité psychologique qu'on n'a guère étudiée jusqu'ici, mais qui n'en est pas moins le lien qui les rattache à l'Homme. Malgré cela, je ne partage pas l'opinion des auteurs qui voudraient séparer complétement l'humanité du règne animal, et instituer pour l'Homme seul un règne distinct, comme l'a fait Ehrenberg (*Das Naturreich des Menschen*, Berlin, 1835,

logies, si l'on constate la correspondance des parties entre elles, soit dans le même individu, soit chez deux individus d'espèce différente. Il suffit de nommer ces deux vastes domaines de la zoologie pour présenter immédiatement à l'esprit le tableau, plus complet chaque jour, des enchaînements qui font du règne animal tout entier un système étroitement lié dans ses parties. Il faut ensuite rappeler ce qui a été dit sur les rapports des individus, entre eux et avec le monde ambiant, comme caractère de l'espèce ; ce que l'on sait des rapports de structure, base de la distinction des genres ; il faut mettre en évidence ces diversités de la forme produisant la famille, énumérer ces complications de la structure d'où naissent le rang, l'ordre dans toutes les classes, retracer les plans nettement distincts et ces modes d'exécution divers, point de départ des divisions les plus générales de nos systèmes ; il faut rappeler tout cela, pour rendre sensible à quel point l'esprit humain s'est identifié avec la création, et combien de rapports, jadis inconnus, ont été par lui saisis et exactement appréciés. Même ainsi l'impression serait incomplète, si à tout cela on ne joignait encore ce que l'on connaît de l'organisation intérieure des animaux, de leur mode de développement, de leur successive apparition sur la terre à diffé-

globe. Or, à cette infinie diversité de rapports quelque chose s'ajoute qui ressort davantage et avec plus d'indépendance, imprimant à tout le monde organisé une physionomie spéciale ; ce sont les caractères sexuels.

Toutes les fois qu'il s'agit de pénétrer la signification de phénomènes complexes, il est inutile, sinon dangereux, de s'attacher minutieusement aux faits de détail. La simple observation de la tendance générale de l'ensemble conduit bien plus directement à la vérité. Maintes fois je me suis demandé quelle était l'importance de cette différence première, manifestée aussi bien par le règne végétal que par le règne animal, à laquelle on donne le nom de sexualité. J'ai vainement cherché une interprétation plausible des faits en étudiant la série des différences et la série des ressemblances qu'on observe, chez les individus de sexe différent, d'une part dans les traits extérieurs les plus généraux, d'autre part dans les particularités d'organisation des appareils reproducteurs. Cette étude ne conduit guère qu'à la connaissance de voies et moyens plus ou moins compliqués, aboutissant tous constamment à un but unique, la perpétuation et la permanence de l'espèce.

Il y a cependant quelque chose de plus dans ces phénomènes, quelque chose qui affecte également les deux règnes de la nature et partage en quelque sorte le monde organique en deux ; si bien que, d'un côté, on pourrait placer une moitié du règne animal, et, de l'autre, lui opposer l'autre moitié, sans avoir aucunement égard aux différences précédemment analysées constituant les embranchements, les classes, les ordres, etc. D'un côté se trouveraient les mâles, de l'autre les femelles, tant le dualisme de ce genre est universel. Car, bien qu'il y ait des hermaphrodites et que les sexes ne soient pas également répartis, il n'en est pas moins vrai que les différences sexuelles constituent une distinction fondamentale, qui se retrouve partout et semble l'emporter sur toutes les autres catégories de l'organisation. Ce trait de structure est bien plus considérable que les différences spécifiques. En effet, les individus d'une même espèce, bien que se ressemblant par tout ce qui constitue les caractères spécifiques, présentent néanmoins des différences sexuelles plus ou moins saillantes, lesquelles viennent se surajouter, si l'on peut dire, à ces caractères, à une époque plus ou moins avancée de la vie. Les individus d'une même espèce ont déjà vécu une fraction plus ou moins grande, parfois même la plus grande de leur existence lorsqu'ils atteignent à ce degré de maturité qui précède et accompagne la reproduction, et c'est dans cette dernière phase de la vie que s'accentuent les traits, souvent si marqués, qui forment les différences sexuelles. Ces traits l'emportent également sur les caractères de genre, de famille, de classe, etc. En effet, à quelque degré de la coordination des caractères qu'on envisage la structure des animaux, et si profonde que soit la valeur des systèmes d'organes dont les rapports servent de base à ces groupes de la classification, toujours la sexualité marque son empreinte. Le développement cérébral, la charpente solide, les masses musculaires, l'amplitude de la respiration et de la circulation, l'énergie des appareils digestif et sécréteurs, tout est modifié par cette influence mystérieuse dominant tous les organismes et imprimant à chacun d'eux le type mâle ou le type femelle.

Il est impossible de ne pas reconnaître, dans cette corrélation entre la sexualité et les catégories de la structure des

---

in-folio) et, après lui, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (*Histoire naturelle générale*, Paris, 1856, t. I, part. II, p. 167). *Cf.*, d'ailleurs, le chapitre II de ce livre, où il est montré, pour chaque sorte de groupe du règne animal, que la somme des différences qu'il y a de l'un à l'autre ne suffit pas pour autoriser à en rejeter un seul dans une autre catégorie. Quiconque étudiera le Chien avec attention pourra se convaincre que les impulsions auxquelles cède cet animal sont analogues à celles qui meuvent l'Homme. Elles sont réglées de manière à mettre en évidence des facultés psychiques de la même nature à tous égards que celles de l'Homme. Le Chien exprime par la voix ses émotions et ses sentiments avec une précision qui les rend aussi intelligibles à l'Homme que le langage articulé d'un de ses frères. Sa mémoire a une puissance rétentive qui dépasse celle de la mémoire humaine. Sans doute, toutes ces facultés sont loin de faire du Chien un philosophe ; mais certainement elles le mettent au niveau d'une portion considérable de la pauvre humanité. Que la voix des animaux se fasse comprendre des uns aux autres, et que toutes leurs actions se rapportent à ces appels, c'est là encore un puissant argument en faveur de leurs facultés de perception et de leur aptitude à agir, spontanément et logiquement, d'après ces perceptions. Il y a un vaste champ ouvert à l'étude, dans les relations qui existent entre la voix et les actions des animaux. Un sujet de recherches plus intéressantes encore est offert par ce qu'il y a de commun dans les cycles particuliers d'intonations que chaque espèce animale d'une même famille est capable d'émettre. Autant que j'en puis juger, il y a entre ces cycles les mêmes rapports qu'entre ce qu'on appelle les différentes familles de langues. — Fr. Schlegel, *Ueber die Sprache und Weisheit der Indier*. Heidelberg, 1808, 1 vol. in-8. — W. v. Humboldt, *Ueber die Kawi-Sprache, auf der Insel Java*. Berlin, 1836-39, 3 vol. in-4° (*Abh. Akad. d. Wissenschaft*). — H. Steinthal, *Grammatik, Logik und Psychologie*. Berlin, 1858, 1 vol. in-8. — Tous les *Canins* aboient ; le hurlement du loup, l'aboiement du chien, le glapissement du renard, ne sont que différents modes de l'aboiement, comparables entre eux, sous le même rapport que peuvent l'être les monosyllabes, les polysyllabes et les inflexions du langage humain. Les *Félides* miaulent ; le rugissement du lion n'est qu'une forme du miaulement de nos chats et des autres espèces de la famille. Les *Équins* hennissent ou braient : le cheval, l'hémione, le zèbre, le dauw, ont une gamme peu différente. Notre bétail et les diverses espèces de taureaux sauvages ont des intonations d'une très-grande analogie ; leur beuglement n'est pas de nature diverse, mais seulement diversement poussé. Les Oiseaux, à cet égard, sont peut-être plus remarquables encore. Quel est l'homme qui ne sait pas distinguer la note d'une grive, d'un oiseau chanteur, d'un canard, d'un oiseau de basse-cour, etc., et même celle qui est particulière à chacune de leurs espèces, si nombreuses soient-elles ? Qui pourrait méconnaître les affinités de la voix de ces animaux ? Et tout cela n'indiquerait pas une analogie semblable entre leurs facultés mentales ?...

animaux en général, quelque chose de hautement indépendant des influences extérieures désignées sous le nom d'influences cosmiques ou physiques. Ici il ne s'agit plus que de relations d'individu à individu, de rapports indifférents pour la vie individuelle, mais d'où résulte pour les deux êtres réunis une vie commune. Pour peu qu'on médite sur les conditions indispensables à l'établissement d'un pareil ordre de choses, il est évident que cela suppose la prescience de ces rapports, l'appréciation de leurs dépendances mutuelles et la capacité de les mettre en harmonie avec l'ensemble des circonstances extérieures ou étrangères. En aucune manière cela ne peut être le produit fatal de forces brutes et inconscientes.

De tout temps, en tout lieu, à toute heure, les animaux de sexe différent se recherchent, et, dans leur rencontre, mettent en pleine évidence les traits saillants de leur être, manifestant en quelque sorte le pourquoi du dualisme qui partage tout le monde organique. La nature entière semble proclamer, non-seulement que le but final de la création a été de placer au sommet de l'édifice un être supérieur, l'Homme ; mais, en outre, que le seul fait capable, dans le plan donné, d'assurer le maintien et la continuité du tout, ce sont justement ces rapports étroits d'individu à individu qui, culminant dans l'union de l'homme et de la femme, deviennent l'origine de la famille et le fondement des sociétés humaines.

Il n'est pas hors de propos d'examiner les traits les plus généraux de ces rapports d'individu à individu, dont le but est le maintien de l'espèce. Tout ce qu'il y a de caractéristique dans l'organisation animale est alors mis en relief; les détails de la symétrie du corps ressortent dans toute leur beauté, et ce qu'il y a de plus intime, soit dans leur harmonie, soit dans leur contraste, s'accuse et se prononce. Envisagé indépendamment de l'idée de sexe et pris comme représentant du Règne animal tout entier, l'Homme nous montre ces particularités caractéristiques de la structure qui font de la tête le centre de tout l'organisme et établissent entre les deux extrémités de la colonne vertébrale une opposition si remarquable; en lui se manifeste à un haut degré l'antagonisme entre le côté droit et le côté gauche d'où résulte, par la convergence de parties identiques opposées l'une à l'autre, une symétrie si parfaite; en lui éclatent encore ces différences entre la région dorsale et la région ventrale... Mais ce serait écrire un traité d'anatomie philosophique que de pousser plus loin ces considérations. Or, comme représentant de la même espèce, la femme reproduit identiquement tous ces traits de la structure de l'homme. Au contraire, lors du rapprochement de ces deux êtres, tout est changé.

Déjà quand l'homme rencontre son semblable, il l'aborde de front. Cet antagonisme absolu devient précisément le point de départ du rapprochement le plus intime. L'homme en présence de l'homme oppose face à face; les dos se tournent à l'inverse; le côté droit se place vis-à-vis du gauche; les mains qui se cherchent traversent obliquement et à l'opposite le plan médian; tous les traits de la configuration, qui, dans une comparaison homologique, présentent un parallélisme rigoureux, se trouvent ici ramenés à des situations d'un antagonisme également absolu. Un mouvement d'assentiment ou d'antipathie, un salut, un coup de tête, décrivent un arc dont la courbe est, chez les deux individus en présence, en sens inverse; les regards se croisent, les paroles arrivent aux oreilles sous des angles opposés; l'appel des deux voix amies se fait en direction contraire; la flexion de toutes les articulations se produit avec une obliquité inverse; toutes les saillies du corps de l'un s'opposent à celles de l'autre et sont contrastées; les genoux s'abaissent et se rapprochent, les talons se soulèvent et s'éloignent, les pointes des pieds convergent; le sourire, qui est toujours plus accentué à droite qu'à gauche, se dessine en sens contraire. Ces traits, qui s'annoncent comme les indices des rapports généraux d'individu à individu, s'accentuent avec une intensité que rien n'égale dans la nature lors du rapprochement des sexes. Ainsi, plus les rapports de cet ordre acquièrent de supériorité, plus complète est l'intimité de l'union qu'ils établissent, et plus aussi le contraste et l'antagonisme des individus de sexe différent se prononcent et deviennent marqués!

Or, n'est-il pas singulier de voir tout cela annoncé dans les temps géologiques les plus anciens, par la structure même de certains représentants du type des Vertébrés dont les débris sont parvenus jusqu'à nous? Tous les Sélaciens, dont l'existence remonte aux époques géologiques les plus reculées, présentent cette sorte de différences sexuelles qui fait du rapprochement face à face une nécessité de l'organisation. *Le fait* que des animaux de cette classe ainsi organisés *sexuellement* existaient dans les terrains siluriens, et cet autre fait, déjà reconnu comme axiome scientifique par Léonard de Vinci : *Venerem supinam solùm homini convenire*, n'indiquent-ils pas que les rapports les plus intimes de l'homme à la femme, le mode d'union de l'homme avec sa compagne, sont annoncés, dans l'histoire des temps, dès la première apparition des Vertébrés. Ainsi encore, de toutes les manifestations de l'amour, la plus élevée, la plus noble et la plus pure, *le baiser*, par quoi l'union peut être parfaite sans rien perdre de sa chasteté et de son innocence, se trouve comme prévu, annoncé, préparé dès l'apparition sur la terre de Vertébrés incomplets et dégradés, précurseurs déjà de l'expression ultime à laquelle doit s'élever le type, lors du couronnement de la série. *D'autre* part, ce qu'il y a de plus haut, de plus immatériel et *de plus* grand dans l'homme, la liberté, la dignité, l'individualité, ce qui n'est en définitive que l'opposition du MOI humain à un autre MOI, s'exprime ainsi d'une manière purement physique, purement matérielle, dans l'opposition de la structure à la structure, de la forme à la forme.

Et ce n'est pas tout! Il n'est pas dans l'immense clavier de la passion humaine une gamme, une note, un ton, qui ne se trouvent exprimés, isolément et à la plus haute puissance, dans la spécialité des rapports sexuels de quelque type en particulier. Seul un Gœthe pourrait écrire avec toutes ses *nuances* ce chant de l'amour que l'ensemble de la création répète à toute heure!

Il serait inutile d'entrer ici dans les détails relatifs aux rapports sexuels des êtres qui composent les embranchements inférieurs; mais il n'est pas hors de propos de rappeler que, même chez les Rayonnés et les Vers, on a observé des manifestations de sentiment de la part de la mère pour sa progéniture, bien qu'on n'ait encore constaté aucun fait indiquant dans le rapprochement des sexes quelque chose de plus que l'impulsion organique. Ces rapports deviennent déjà très-variés et souvent très-intimes chez les Crustacés et les Insectes; et quiconque a eu l'occasion d'observer les amours des Limaçons ne saurait mettre en doute la séduction déployée dans les mouvements et les allures qui préparent et accomplissent le double embrassement de ces hermaphrodites. Parmi

à une poursuite lointaine, n'aboutissant pas même à la présence simultanée du mâle et de la femelle sur le lieu où les œufs sont déposés. Tel est le cas de certains Poissons. D'autres se recherchent de plus près, s'accostent, se heurtent même, pour s'éloigner aussitôt l'un de l'autre. Il en est qui déploient toutes leurs grâces, tout l'éclat de leurs couleurs, toute l'énergie de leur empressement par les gyrations qu'ils accomplissent autour de leur femelle; d'autres témoignent leur dévouement par la vigilance avec laquelle ils rôdent autour d'elle pour écarter tout rival. Le nombre des Poissons proprement dits qui s'accouplent réellement est très-limité, et le rapprochement est superficiel et rapide comme chez les Oiseaux. Il serait oiseux de passer en revue toutes les formes qu'affectent les relations des sexes : mais l'homme intelligent ne saurait demeurer spectateur indifférent ou même insensible, en voyant la douceur, la tendresse, le charme prévenant des attentions de la colombe, ou la noble et fière expression, l'impérieuse exigence, la violence furieuse, et cependant pleine d'égards, de l'étalon; l'implacable férocité du chat qui lacère et dévore sa femelle; la lourdeur stupide du porc qui s'endort et s'appesantit; la luxure et l'ignoble lubricité du singe; la voracité traîtresse de l'araignée; la brutale et impassible concupiscence des biches attendant froidement l'approche d'un vainqueur, etc.

D'où tout cela vient-il? Qui donc affirmera que des expressions si diverses, des manifestations si richement variées d'un sentiment unique et d'un instinct au fond toujours le même, résultent simplement d'un fait d'organisation physique, d'une spécialité de structure impossible d'ailleurs à concevoir, si l'on écarte l'idée d'un plan méthodiquement exécuté, prémédité *à l'avance*, où partout se révèle l'intention antérieure à la réalité.

L. AGASSIZ.

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR.)

J. H. GLADSTONE

(de la Société royale de Londres).

Les équivalents de réfraction.

L'orateur a commencé sa conférence en disant que sans cesse on fait de nouvelles expériences et on recueille de nouvelles observations sur la lumière. En fait, toute la vision est une comparaison entre différents degrés d'ombre et de lumière, un contraste entre diverses couleurs. La plupart des rayons qui partent des objets environnants pour venir frapper nos yeux, sont des rayons réfléchis. Les objets les plus ordinaires, les carafes et les verres en cristal taillé dont nous nous servons à table, font merveilleusement voir les effets de courbure, d'augmentation, de diminution, de production de franges colorées, dus à la réfraction. L'orateur s'est proposé, dans cette conférence, de partir des phénomènes les plus simples de ce genre pour s'élever à l'étude des équivalents de réfraction et décrire l'état actuel de nos connaissances à ce sujet.

Au moyen de la lampe électrique, on a fait voir à l'assistance comment un morceau de verre ou tout autre corps transparent donne une ombre complétement noire si les deux surfaces traversées par le rayon ne sont pas parallèles; que constituantes; que cette réfraction varie selon le degré d'inclinaison mutuelle des deux surfaces, mais de manière que le sinus de l'angle de réfraction soit en rapport constant avec le sinus de l'angle d'incidence; que ce chiffre constant appelé indice de réfraction, ou μ, est un pour chaque substance : chaque gaz, chaque substance solide ou liquide a son indice de réfraction propre; qu'il n'y a pas de connexion nécessaire entre le degré de réfraction et la longueur du spectre (dispersion) produits par différentes substances, qu'elles soient solides, liquides ou gazeuses : par exemple, une solution d'une iodure produit toujours une dispersion plus grande qu'une solution d'un chlorure du même métal, même en la diluant pour lui donner le même degré de réfraction.

Cet indice de réfraction change selon la température. Dans les liquides et probablement dans tous les gaz, la courbure décroît à mesure que la température s'élève; dans les solides, au contraire, comme l'a récemment démontré Fizeau, le changement se produit en sens inverse : le crown glass reste toujours le même; le spath fluor est le seul cristal où l'on constate de la diminution. Ce fait fut démontré à l'aide d'une nouvelle expérience. Ainsi un rayon jaune de sodium qu'on avait fait passer d'abord à travers un prisme creux rempli d'huile de muscade et de là à travers un autre prisme rempli de bisulfure de carbone, s'est déplacé de quelques pouces sur l'écran quand on eut élevé de quelques degrés la température de l'huile de muscade en l'agitant avec un fil d'archal chauffé. Cet indice de réfraction est modifié d'une manière encore plus prononcée quand un corps passe de l'état solide à l'état liquide ou de l'état liquide à l'état gazeux. Ce fait est démontré par la transparence de l'eau fondue en espaces cristallisés au milieu d'un bloc de glace.

De plus, l'indice de réfraction d'un mélange ne répond pas toujours à la moyenne des indices des corps constituants. Ainsi lorsqu'on fait passer successivement un rayon à travers deux prismes creux remplis, l'un d'une partie d'alcool, l'autre d'une égale partie d'eau, le rayon va tomber sur l'écran dans une certaine position; mais si on mélange les deux liquides et qu'on en mette une égale proportion dans chaque prisme, on peut voir le rayon réfracté ou rejeté à une distance plus considérable.

Ces changements dépendent des altérations de volume subies par les substances. L'orateur a pu constater, en collaboration avec le révérend T. Pelham Dale, que, dans les liquides, l'indice de réfraction, diminué d'une unité par la densité (en signes symboliques $\frac{\mu-1}{d}$), est constant pour toutes les températures et pour tous les mélanges, ou, du moins, que la coïncidence est très-rapprochée mais non absolue, par suite de quelque autre loi encore inconnue. Cette conclusion a été complétement confirmée par Landolt (de Bonn), Ketteler et Wülbner. Le premier expérimentateur a même fondé sur cette conclusion une méthode pour analyser des mélanges de liquides.

Ce nombre invariable a été appelé « le pouvoir réfringent spécifique » de la substance, et il semble rester le même malgré tout changement amené par le passage de l'état solide à l'état liquide et de l'état liquide à l'état gazeux. De bonne heure on a pu faire la remarque que le pouvoir réfringent spécifique d'un corps composé se rapproche étroitement de la moyenne des pouvoirs réfringents spécifiques de ses parties

constituantes. Landolt, en multipliant ce nombre par l'équivalent chimique, a facilité considérablement le calcul. Il a appelé ce nouveau nombre « l'équivalent de réfraction » $P\frac{\mu-1}{d}$. Les preuves se sont multipliées pour démontrer que cette formule est très-peu affectée, non-seulement par la température mais par tout changement d'aggrégation, de mélange, ou de solution, et même par une forte combinaison chimique.

Ainsi le diamant, ou carbone crystallisé, a pour équivalent de réfraction 5.0; le soufre 16.0. Le bisulfure de carbone, CS^2, peut-être le liquide le plus réfringent que l'on connaisse, devrait être représenté par $5+(2\times 16)$, c'est-à-dire 37.0. Le chiffre donné par les expériences est de 37.3. Mais le diamant peut brûler dans l'oxygène et se convertir ainsi en acide carbonique; on peut réduire ce dernier gaz en un autre gaz qui ne renferme que la moitié de l'oxygène du premier, c'est l'oxyde de carbone. Les équivalents de réfraction de ces gaz tels que les ont donnés les observations de Dulong, sont pour l'un 10.03 et pour l'autre 7.53; mais la différence entre CO^2 et CO est d'un équivalent d'oxygène, et la différence entre les deux chiffres plus haut donnés est de 2.5. On peut donc prendre ce dernier nombre comme l'équivalent de réfraction de l'oxygène, et si on le déduit de $CO = 7.53$, il nous reste $C = 5.03$, lequel est pratiquement le même nombre obtenu directement avec le carbone cristallisé. De la même manière, mais en suivant généralement des méthodes plus indirectes, on a pu constater que cet élément, pur comme le diamant ou combiné à d'autres éléments pour former, soit des gaz comme ceux que l'on a déjà mentionnés, l'hydrogène carboné ou le cyanogène; soit des liquides, comme le chlorure de carbone, la benzine, l'huile de thérébentine, l'alcool ou l'éther; soit des solides, comme la paraffine, le sucre ou le camphre, — exerce toujours la même influence sur les rayons de lumière qui avaient mis ses molécules en mouvement, influence que nous pouvons exprimer par le chiffre 5.0. Pour revenir au soufre, les deux sels, le sulfocyanure et le cyanure de potassium — KSCy et KCy — diffèrent entre eux par un équivalent de cet élément, et leurs équivalents de réfraction tels qu'on les détermine par leurs solutions aqueuses sont, pour l'un de ces sels de 33.4, et pour l'autre de 17.1; la différence est de 16.3, chiffre presque identique à celui que l'on obtient avec le soufre fondu. On a pu déterminer de cette façon les équivalents de réfraction d'un grand nombre d'éléments; et le tableau suivant comprend les chiffres les plus probables parmi ceux qui ont été publiés jusqu'à présent par Landolt, Haagen et Schrauf, aussi bien que par l'orateur :

	Poids atomique.	Équivalents de réfraction.
Hydrogène	1.0	1.3
Chlore	35.5	9 8
Brôme	80.0	15.7
Iode	127.0	24.4
Oxygène	16.0	3.0
Soufre	32.0	16.0
Carbone	12.0	5.0
Silicium	28.0	6.2
Azote	14.0	4.1
Phosphore	31.0	18.5
Arsenic	75.0	16.0
Antimoine	122.0	25.7
Vanadium	51.4	25.4
Sodium	21.0	4.9
Étain	118.0	19.2
Cuivre	68.4	11.2
Mercure	200.0	21.6

Les chiffres qui précèdent sont pris pour le rayon rouge. Plusieurs doivent être considérés seulement comme approximatifs. Il paraît certain aussi que quelques éléments, comme l'oxygène et le soufre, ont plus d'un équivalent de réfraction.

Le vanadium, bien qu'il fasse partie du tableau précédent, n'a été déterminé que tout récemment au moyen de l'oxytrichlorure découvert quelques semaines auparavant par le professeur Roscoe. Ce chiffre est intéressant par suite de la théorie de ce professeur relativement à l'étroite analogie qui existe entre le phosphore et le vanadium, car ces deux corps, avec le soufre, dépassent tous les autres en puissance de réfraction et particulièrement en puissance de dispersion.

L'orateur ajoute qu'il est actuellement occupé à examiner les effets des sels en dissolution sur les rayons de lumière, et qu'il espère pouvoir déterminer de cette manière les équivalents de réfraction, non-seulement d'une multitude de sels, mais des éléments métalliques eux-mêmes.

Mais on pourrait faire cette question : « Si une substance a une réfraction égale à celle de ses parties constituantes, comment des corps comme le spath d'Islande peuvent-ils avoir deux indices de réfraction? » Or ce sont des corps cristallisés, ou s'ils ne le sont pas, ils sont devenus doublement réfringents, parce qu'ils ont été inégalement chauffés ou comprimés. Dans l'un ou l'autre cas, nous pouvons supposer un degré différent de tension selon des directions différentes; et le fait que les deux rayons sont polarisés en sens contraire témoigne de quelque différence dans la disposition moléculaire. Il est facile de comprendre qu'un changement de tension ou de structure intérieure puisse agir comme un changement de densité, en modifiant la vitesse de la transmission de la lumière et, par conséquent, le degré de sa réfraction. Mais si nous désagrégons le cristal en le faisant dissoudre, il ne peut plus y avoir de tension inégale ou d'arrangement dissymétrique des particules, et la solution doit avoir un équivalent de réfraction. Il en est toujours ainsi. Les chiffres tirés des observations de Brewster sur les deux rayons du nitre cristallisé sont de 16.3 et de 25.0, tandis que l'équivalent du nitre, dissout dans l'eau, donne le chiffre intermédiaire de 21.8.

J. H. Gladstone.

— Traduit de l'anglais par John Faure. —

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Association britannique pour l'avancement des sciences. — L'*Association* vient de tenir sa session de 1868 à Norwich, à la fin du mois dernier. Nous avons publié déjà, dans notre avant-dernier numéro, le discours inaugural de M. Hooker, président, et nous donnerons prochainement un compte rendu très-complet, avec les principales lectures *in extenso*. A la session de cette année avait été jointe la réunion du congrès d'anthropologie préhistorique, qui devait avoir lieu en Angleterre; nous publierons incessamment le compte rendu de ce congrès et le discours inaugural de son président, sir John Lubbock. Enfin, la section médicale de l'Association britannique a tenu son congrès à Oxford; nous en rendrons compte aussi prochainement.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 43 | 26 SEPTEMBRE 1868

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR.)

M. W. B. CARPENTER

(vice-président de la Société royale de Londres).

De l'activité inconsciente du cerveau.

La vie consciente de l'homme consiste en une action et une réaction entre son esprit et le monde extérieur, — entre le moi et le non-moi. Mais cette action et cette réaction ne peuvent s'accomplir, du moins dans la période actuelle de l'existence de l'homme, sans l'intervention d'un instrument matériel dont la fonction est de servir de pont sur l'hiatus qui existe entre la conscience individuelle et le monde extérieur, et de les mettre ainsi en communication mutuelle. Tant qu'on s'est contenté d'étudier exclusivement, soit le côté mental, soit le côté physique de l'homme, on ne pouvait faire aucun vrai progrès en psychologie. C'est ainsi que les controverses d'autrefois entre spiritualistes et matérialistes, controverses dans lesquelles chacun des deux camps n'envisageait la nature complexe de l'homme qu'à son point de vue exclusif, ne pouvaient aboutir à aucun bon résultat, si ce n'est de mettre en lumière certains phénomènes qui auraient pu sans cela rester dans l'obscurité. Mais le psychologue de nos jours, qui envisage son sujet à la lumière de cette philosophie plus avancée qui regarde la matière simplement comme le véhicule de la force, n'a aucune peine à voir où les deux camps opposés avaient raison et où ils se trompaient. Posant les fondements de sa science, largement et profondément, sur la constitution *complète* de l'individu et sur les rapports de celui-ci avec le monde extérieur, il cherche à la construire à l'aide de matériaux tirés de l'expérience la plus variée, mentale ou physique, normale ou anormale, — ne laissant dans l'obscurité aucun fait, quelque étrange qu'il paraisse, s'il est attesté par un témoignage digne de foi, et n'en acceptant aucun qui ne puisse résister à l'épreuve d'un examen sévère, quelle que soit l'autorité qui le sanctionne.

C'est dans le but de contribuer au progrès d'une telle psychologie que je désire mettre plus distinctement en lumière une doctrine familière aux métaphysiciens d'Allemagne, depuis Leibnitz jusqu'à nos jours, sous les noms de « pensée latente » ou « d'activité préconsciente de l'âme », doctrine exposée méthodiquement dans ce pays par sir William Hamilton. Dans le langage physiologique, au contraire, elle peut être désignée sous le titre « d'action inconsciente du cerveau », ou, plus correctement, de « cérébration inconsciente » (1). Il me paraît peu important de formuler cette doctrine en termes de métaphysique ou de physiologie, pourvu qu'on lui reconnaisse une base réellement scientifique. Mais puisque, dans les systèmes de philosophie qui ont longtemps eu cours dans ce pays, la perception a été presque toujours prise comme base de toute activité strictement mentale, il me semble indiqué de désigner comme fonctions du système nerveux toutes les opérations qui se trouvent au-dessous de ce niveau. Il y a de plus un avantage à aborder le sujet du côté physiologique, c'est que l'étude des actions automatiques des autres parties du système nerveux fournit une clef, à l'aide de laquelle nous pouvons être amenés à élucider scientifiquement un grand nombre de phénomènes qui sans cela resteraient obscurs et dénués de toute signification.

[Se reportant à un discours prononcé par lui le 12 mars 1852 « sur l'influence de la suggestion en modifiant et en dirigeant les mouvements musculaires indépendamment de la volonté », M. Carpenter rappelle à l'auditoire que la doctrine de l'action *idéo-motrice* exposée dans ce discours avait été citée par le professeur Faraday comme fournissant une raison scientifique suffisante pour expliquer les phénomènes des tables tournantes et des tables parlantes, qui se développèrent peu après à l'état épidémique. En même temps que les phénomènes ordinaires des tables parlantes présentent des exemples très-curieux de ce principe, il s'est produit, devant des personnes au-dessus de tout soupçon de mauvaise foi, des cas dans lesquels les réponses données par les mouvements de la table étaient non-seulement inconnues des questionneurs, mais étaient même *contraires* à leurs idées dans le moment. Et cependant ces réponses furent trouvées vraies plus tard. Ces faits fournissent des exemples typiques de la doctrine de la « cérébration inconsciente » ; car, dans plusieurs de ces cas, il

(1) Le docteur Laycock, dans un essai de grande valeur *sur l'action réflexe du cerveau*, publié en 1844, rapporta un grand nombre de phénomènes qui l'autorisaient à étendre de la moelle épinière au cerveau la théorie de l'action réflexe ; mais comme il n'établissait aucune distinction entre l'action réflexe des ganglions sensitifs (*sensori-motor*) et celle du cerveau (*ideo-motor*), et comme il n'affirmait pas que l'une ou l'autre pouvait se produire sans la *perception* cérébrale, il ne fit pas comprendre qu'il se plaçait à ce point de vue, bien qu'il résulte de ses assertions ultérieures qu'il en avait réellement l'intention. L'auteur de cette leçon avait enseigné longtemps auparavant la doctrine de l'action réflexe des ganglions sensitifs, et comme il a été convaincu par le raisonnement du docteur Laycock que cette action peut s'étendre au cerveau, il a été amené, en considérant les rapports anatomiques du cerveau avec les ganglions sensitifs, à croire qu'une succession de changements peut s'accomplir anatomiquement dans le premier organe, — changements dont les résultats seuls sont sensibles. C'est à ce genre d'activité qu'il a donné le nom de « cérébration inconsciente ». — W. B. C.

fut possible de montrer distinctement que les réponses, bien que contraires aux croyances des questionneurs à ce moment, concordaient avec des faits qui leur étaient connus jadis, mais qui avaient glissé de leur mémoire. Les *residua* de ces impressions oubliées avaient donné lieu à des transformations cérébrales qui suggérèrent les réponses; sans que les agents de ces transformations eussent eu conscience des ressorts cachés de leurs actions.

Toutefois, afin de présenter la doctrine sous son aspect vraiment scientifique en lui donnant une base physiologique bien définie, M. Carpenter fait la récapitulation des doctrines fondamentales relatives, selon lui, aux actions automatiques *originelles* ou *primitives*, et *secondaires* ou *acquises*, des principales divisions des centres cérébro-spinaux.]

Ceux-ci peuvent être distingués comme il suit :

1° *Moelle* (comprenant la moelle allongée);
2° *Ganglions sensitifs;*
3° *Cervelet;*
4° *Cerveau.*

En laissant de côté le cervelet, dont les fonctions n'ont pas encore été démontrées d'une façon satisfaisante, et en fixant notre attention sur les autres centres, nous trouvons que chacun d'eux, outre ses actions automatiques *originelles* ou *primitives*, peut servir d'instrument à une série d'actions automatiques *secondaires*. Celles-ci, bien qu'elles naissent par l'effet de la volonté et qu'elles subissent constamment sa domination, s'accomplissent habituellement sans aucune influence dépendant de la volition.

Ainsi la fonction *primitive* de la *moelle*, comme centre indépendant, consiste dans l'accomplissement des mouvements de respiration et de déglutition, essentiels au maintien de la vie; et chez un grand nombre d'animaux inférieurs il est certain que les mouvements ordinaires de locomotion ont le même caractère automatique *primitif*. Chez l'homme, toutefois, la faculté d'accomplir ces mouvements *s'acquiert* par un travail d'éducation ; et cependant, quand une fois la coordination a été établie, les mouvements s'établissent automatiquement ; provoqués par un seul acte de la volonté, ils continuent jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par un autre acte. L'expérience nous en fournit journalièrement la preuve dans ce fait que nous continuons à marcher, alors que l'attention est absorbée par une suite de pensées intérieures ; chaque mouvement en amène un autre, et la répétition se prolonge ainsi indéfiniment jusqu'au moment où, l'attention devenant libre, l'impulsion automatique est remplacée par un effort de la volonté.

D'autre part, l'action automatique *primitive* des ganglions sensitifs semble se rattacher surtout à des mouvements de *protection*, comme l'éternument produit par l'application de substances irritantes sur la muqueuse nasale, ou l'occlusion brusque des paupières sous l'effet d'un jet de lumière. Mais on peut retrouver leur action automatique secondaire dans l'influence coordinatrice qu'ils exercent sur les mouvements habituels de la locomotion lorsqu'on les accomplit dans les conditions signalées plus haut. Ainsi un homme complétement absorbé par ses pensées se dirige dans une rue pleine de monde sans bousculer les passants et sans se heurter contre les candélabres. Il suit le chemin qui lui est le plus familier, alors même qu'en partant il eût eu l'intention d'en prendre un autre.

L'influence des *habitudes*, *acquises* par l'expérience et remplaçant chez l'homme les facultés intuitives des animaux supérieurs, se reconnaît parfaitement dans cette coordination des perfections visuelles et tactiles, par lesquelles nous apprenons à distinguer les formes et les rapports des objets extérieurs et à régler nos mouvements musculaires sur les idées que nous nous faisons de ces objets. L'oiseau à peine sorti de l'œuf fond sur l'insecte avec une précision parfaite. L'enfant au contraire reste longtemps avant d'apprendre à saisir l'objet brillant qu'on tient à sa portée. Il est évidemment incapable, au commencement, de calculer la distance ou de combiner les mouvements musculaires nécessaires pour atteindre l'objet. L'observation de cas nombreux dans lesquels la faculté de voir n'a pu être obtenue que lorsque la familiarité tactile avec les objets extérieurs fut pleinement acquise, permet d'affirmer positivement qu'aucun objet ne peut être reconnu *immédiatement* par la vue seule, quand on le voit pour la première fois dans des circonstances semblables à celles dont je viens de parler (1).

Ce genre de faits est de la plus grande importance pour l'étude dont nous nous occupons, parce que nous y trouvons un exemple bien clair *de la formation de jugements basés sur une expérience acquise à l'aide d'un travail dont nous sommes tout à fait inconscients, alors même que nous lui accordons toute notre attention*. Ainsi, lorsque nous obtenons la conception d'une forme solide en combinant mentalement les deux images dissemblables d'un stéréoscope, cette conception semble si nécessaire et si immédiate, que sa formation pourrait être attribuée à une intuition *originelle*, si nous n'avions les moyens de retracer les degrés antérieurs de cette opération et de nous convaincre qu'elle est *secondaire* ou *acquise*. On peut dire de la faculté à laquelle ce travail est dû, qu'elle est la *résultante* de toute notre éducation antérieure dans cette voie, — éducation qui nous permet, non-seulement de reconnaître les formes et les rapports d'objets dont nous avons quelque connaissance préalable (au point que la seule vue de l'image nous les suggère), mais aussi de créer pour ainsi dire des formes et des rapports dont le portrait seul ne nous donne aucune *idée* suffisante. Le physiologiste peut à peine mettre en doute que le système nerveux, comme toute autre partie de l'organisme, se *développant* en harmonie avec le mode d'après lequel on exerce habituellement ce système, une voie *directe* d'action organique vient ici prendre la place du *circuit* par lequel le travail s'accomplissait primitivement. De sorte que l'*intuition acquise* de l'homme, pour ce qui concerne les formes et les rapports des objets extérieurs, en arrive à être aussi sûre et aussi directe que l'*intuition originelle* des animaux inférieurs, tout en lui étant bien supérieure, selon toute probabilité, par la portée et la perfection de son action.

C'est seulement à l'aide de l'anatomie comparée qu'on peut étudier, comme il convient, les rapports du cerebrum ou du cerveau proprement dit, avec la moelle et les ganglions sensitifs. Cette science nous apprend que le cerveau, loin d'être, comme on le supposait naguère, le centre de tout le système

(1) Dans le cas publié par M. Critchett il y a environ trois ans, et dans lequel il s'agit d'une jeune femme qui ne put acquérir la vue qu'à l'âge de dix-neuf ans, on rapporte qu'en lui présentant pour la première fois une paire de ciseaux, elle put en décrire très-exactement la forme et l'éclat métallique, mais elle n'eut pas la moindre idée de leur identité avec l'instrument qu'elle était habituée à manier ; il fallut le lui dire, et elle se mit à rire alors de ce qu'elle appelait sa propre stupidité.

et de se trouver en connexion directe avec les organes des sens et avec l'appareil musculaire, est un organe surajouté dont le développement semble être assez constamment en rapport avec le degré auquel l'intelligence remplace l'instinct comme ressort d'action. La matière ganglionnaire qui se trouve répandue sur la surface des hémisphères, et dans laquelle réside leur puissance, est reliée à la couche sensitive de leur base (laquelle est le centre réel de convergence pour tous les nerfs sensitifs de l'organisme) par des fibres commissurales, désignées depuis longtemps par Reil, avec une prévoyance pleine de sagacité, sous le nom de « nerfs des sens internes ». Sa relation anatomique avec le cerveau est donc précisément la même que celle de la rétine, laquelle est un épanouissement ganglionnaire relié au cerveau par le nerf optique. Nous pouvons donc supposer à bon droit : 1° que, de même que nous ne devenons sensibles aux impressions visuelles exercées sur la rétine que lorsque leur influence a été transmise au sensorium central; de même nous ne devenons sensibles aux changements d'idées qui se font dans les hémisphères cérébraux que lorsque leur influence a été transmise au même centre ; 2° que, de même que des changements visuels peuvent s'opérer dans la rétine sans que nous y soyons sensibles, par suite d'une inactivité temporaire du sensorium (comme dans le sommeil); ou bien parce que l'attention est tout entière absorbée ailleurs, de même il peut se faire dans le cerveau des changements d'idées auxquels nous pouvons être insensibles pour le moment, par un défaut de réceptivité de la part du sensorium, mais dont les résultats peuvent plus tard se présenter à notre connaissance sous forme d'idées élaborées par un travail automatique que nous ignorons complétement.

Le fait que le cerveau possède une activité automatique propre, comme les centres nerveux sur lesquels cet organe est superposé, ne saurait être mis en doute par ceux qui ont étudié les phénomènes du somnambulisme (naturels ou provoqués), phénomènes dans lesquels l'action dirigeante et régulatrice de la volonté semble complétement suspendue, et le cours de la pensée suit le penchant exercé par quelque idée dominante ou par quelque suggestion venue du dehors.

Il existe des cas bien authentiques dans lesquels une telle action automatique a non-seulement produit des résultats parfaits en eux-mêmes, mais les a opérés par un travail plus court et plus direct qu'on ne l'eût cru possible pendant le réveil. L'absence de toute influence qui pourrait distraire l'attention semble favoriser l'action non interrompue du mécanisme mental (si une telle phrase est permise), et c'est la condition la plus favorable au succès de l'opération. Mais, dans tous ces exemples, l'action automatique suit le cours habituel de la pensée, et exprime le résultat de toute l'éducation et de toute la discipline antérieures de l'esprit, conduites sous la direction de la volonté. C'est ainsi que l'avocat n'eût pu dans son sommeil écrire une opinion bien lucide, débrouillant toutes les perplexités d'un cas compliqué, s'il n'avait cultivé avec assiduité les habitudes intellectuelles qui lui ont servi à élaborer cette opinion; pas plus que le mathématicien, se trouvant dans le même état, n'eût pu non-seulement faire avec une exactitude parfaite un calcul très-long, dont il n'avait pu venir à bout dans l'état de réveil, mais trouver un moyen beaucoup plus direct pour atteindre ce résultat, si son éducation antérieure n'avait pas été d'un genre propre à développer cette action spontanée.

Avec ces preuves, que le cerveau agit *automatiquement*, il est permis d'aller plus loin et de considérer comme probable, au point de vue de la physiologie et en s'appuyant sur les bases déjà citées, que cette action automatique peut avoir lieu *sans qu'on en ait conscience*. L'expérience de chacun peut fournir des faits qui semblent justifier cette conclusion. Ainsi, il nous arrive de chercher à nous rappeler quelque nom, quelque phrase ou quelque circonstance, et, après avoir vainement employé tous les expédients que nous puissions imaginer pour faire surgir l'idée désirée, et après avoir abandonné cette tentative comme inutile, souvent l'idée arrive spontanément peu après, éclatant tout à coup, pour ainsi dire, devant notre perception. Et ce fait se produit quand même l'esprit serait absorbé au moment même par une suite de pensées toutes différentes, en sorte qu'on ne peut découvrir aucun trait d'union par lequel ce résultat ait pu être sciemment obtenu. Or, il paraît probable que, dans ces cas, le train d'action que nous avons volontairement mis en mouvement dans le principe n'en continue pas moins, lors même que nous avons cessé de nous en occuper, et, qui plus est, persiste avec plus de régularité précisément parce que nous avons porté notre attention ailleurs. L'expérience nous montre en effet que nous avons plus de chances de nous rappeler l'idée oubliée quand nous cessons de nous en préoccuper que lorsque nous persistons à la poursuivre. C'est ainsi qu'un cavalier qui s'est perdu dans quelque région inconnue a plus de chances de retrouver le chemin de sa demeure en abandonnant les rênes au cheval et en lui laissant choisir sa route, qu'en le fatiguant à lui faire prendre tantôt un chemin et tantôt un autre.

Le même mode d'action semble avoir une large part dans le mécanisme de l'*invention*, que celle-ci soit artistique, poétique ou mécanique. On peut citer de nombreux exemples où l'attention s'étant concentrée pendant longtemps sur le but désiré sans pouvoir obtenir aucun résultat immédiat, ce résultat s'est présenté soudainement à l'esprit, soit au moment du réveil, soit au milieu de quelque autre occupation entièrement dissemblable. Les inventeurs, — artistes, poëtes ou mécaniciens, — savent communément que, lorsqu'ils sont complétement arrêtés par quelque difficulté, le nœud se démêlera plus sûrement, pour ainsi dire, si l'on cesse complétement de s'en occuper, qu'en y apportant les efforts les plus considérables et les plus continus.

Il semble en être de même de ces actes de *jugement* qui comprennent un grand nombre de considérations contraires, et dans lesquels nous sommes obligés de prendre du temps pour former nos conclusions. Comme l'a si bien dit Abraham Tucker (*Light of Nature pursued*, 2e édition, 1805, chap. x, § 4, vol. I, p. 248), en parlant de ce genre de faits : « Malgré tout le soin que nous prenons pour digérer nos matériaux, nous ne pouvons y arriver complétement; mais après une nuit de repos, ou quelques heures de récréation, ou après avoir donné quelque autre occupation à l'esprit, *celui-ci trouve à son retour que ces divers matériaux se sont classés de nouveau pendant son absence*, et de telle manière que leurs rapports mutuels, leurs dépendances, leurs conséquences, sont compris à première vue. Ce fait nous démontre que nos organes ne restent pas inactifs quand nous cessons de les occuper. Ils continuent, lorsque nous les perdons de vue, le mouvement que nous leur avons communiqué. Ils deviennent par ce travail des instruments plus lisses, plus faciles à manier, *et prennent une attitude plus régulière et plus ordonnée que nous n'aurions su leur*

donner, malgré toute notre habileté et notre industrie. » L'expérience nous montre que les jugements les plus sûrs des esprits bien disciplinés se forment de cette façon. Toutes les considérations dont on doit tenir compte sont d'abord placées comme il convient devant l'esprit; puis on les laisse libres de se classer en portant l'attention sur quelque autre occupation. Si l'on accorde alors un temps suffisant à ce balancement inconscient, on trouve, en revenant à son sujet, que la direction vers laquelle gravite l'esprit est un guide plus sûr que toute appréciation formée sous la pression de la volonté.

Toutefois cette action inconsciente du cerveau s'exerce souvent en donnant à nos jugements une tendance que nous pouvons ignorer tout à fait. C'est ainsi que presque chacun de nous se trouve plus ou moins sous l'influence des habitudes de pensée et de sentiment qu'on lui a imprimées de bonne heure, et le jugement est particulièrement exposé à être fâcheusement modifié par ces influences quand la vigueur ordinaire de l'esprit est déprimée par des causes morales ou physiques. Cette espèce de perversion peut être poussée si loin dans ses fâcheuses conséquences, qu'elle donne quelquefois lieu à un soupçon de manque de bonne foi ou de candeur, soupçon qui peut n'avoir aucune sorte de fondement, puisque sa source réelle réside au plus profond de ce stratum de la constitution mentale qui représente le résultat de ces premières influences dont l'individu lui-même n'est pas responsable. Ainsi, comme l'a montré M. Lecky, la doctrine de la cérébration inconsciente inculque la tolérance non-seulement pour des différences de croyances, mais encore pour des inégalités de valeur morale.

Une des formes les plus fréquentes de l'action cérébrale inconsciente se produit lorsque ce que nous appelons le *sens commun* décide pour nous dans un grand nombre de circonstances variables, dans lesquelles nous ne pensons pas qu'il vaille la peine de soumettre la question à une discussion logique. Or, ce sens commun est pour ainsi dire une *intuition acquise*, car c'est la *résultante* de toute l'activité antérieure de l'esprit jointe à celle du cerveau, qui en est l'instrument. Sa valeur dépendra conséquemment de la nature de l'éducation et de la discipline qu'ont reçues les facultés intellectuelles, et l'on peut affirmer sans hésitation que, lorsque ces facultés ont été bonnes en principe et ont été parfaitement cultivées et exercées, le jugement du sens commun sera probablement supérieur même à tout jugement élaboré par un travail complet de raisonnement : car un raisonneur plus subtil pourra toujours découvrir quelque défaut dans une argumentation. C'est ainsi que la décision du sens commun au sujet de l'existence d'un monde extérieur vaut pratiquement beaucoup mieux que tous les arguments de tous les logiciens qui ont discuté les bases de notre croyance en cette matière.

S'il est donc vrai que toute forme d'intuition, soit *originelle*, soit *acquise*, doit être rapportée à ce sous-courant toujours actif qu'on peut désigner sous le nom de *cérébration inconsciente* ou d'*activité préconsciente de l'âme*, selon qu'on se sert de termes de physiologie ou de métaphysique, il se présente naturellement la question de savoir si nous possédons quelque pouvoir pour diriger et pour contrôler son cours, pour fortifier ou pour réprimer sa puissance.

Nous n'avons pas sur l'activité inconsciente cette maîtrise directe que nous pouvons acquérir, par l'exercice déterminé de la volonté, sur notre activité consciente. Nous ne pouvons *acquérir*, si nous ne la possédons dans notre constitution originelle, la puissance créatrice du génie, de façon *à faire de nous-mêmes* de grands poëtes, de grands artistes ou de grands musiciens. Nous ne pouvons pas non plus acquérir par la pratique cet *esprit de pénétration* qui caractérise le savant de premier ordre, ou cette ingéniosité qui distingue le grand inventeur mécanicien; car ce sont là des dons tenant de la nature des *instincts* qui peuvent être développés et fortifiés par une culture appropriée, mais qu'aucune culture ne saurait produire, pas plus qu'elle ne saurait donner une moisson de blé quand aucune semence n'a été faite.

Cependant, quand nous ne pouvons créer, nous pouvons au moins apprendre à admirer le beau, à reconnaître le vrai et à apprécier le bien, et cette faculté d'appréciation croît et se développe à mesure qu'elle est convenablement exercée. Plus nous fixons notre attention sur les sommets les plus élevés de l'art, plus nous nous efforçons de nous soustraire à l'influence de ces formes inférieures de l'art qui se rattachent par des points quelconques aux parties les plus grossières de notre nature, plus exquis sera notre goût intuitif pour tout ce qui ennoblit et élève, plus complet sera notre éloignement pour tout ce qui est bas et dégradant. De même, dans notre recherche de la vérité, plus nous mettrons de la constance, de la sévérité, de la persévérance, à nous dégager de toute préoccupation égoïste, de tout préjugé dont nous avons conscience, plus nous constaterons que nous nous émancipons progressivement de ces préjugés inconscients qui s'attachent à nous comme résultat d'une mauvaise direction première, d'habitudes erronées de pensée, et qui sont plus nuisibles à notre réputation d'hommes logiques et conséquents que les erreurs contre lesquelles nous nous mettons *sciemment* en garde. De même aussi, dans les jugements que nous portons sur nous-mêmes ou sur autrui, jugements dans lesquels nous faisons journalièrement appel à la tutelle du sens commun, le degré de sûreté de ce guide dépendra du degré des efforts que nous aurons faits habituellement pour cultiver notre faculté de raisonner correctement, de juger toute *question* par les premiers principes et non par des raisons de circonstance, et par-dessus tout d'être justes et de ne rien craindre. Chaque cours de discipline de soi-même (*self-discipline*) suivi ainsi, fermement et honnêtement, tend non-seulement à éclaircir la vue mentale de l'*individu*, mais à ennoblir la *race*, en développant cet esprit de pénétration immédiate, lequel, dans la plus haute phase de l'existence de l'homme, non-seulement se substituera aux opérations laborieuses de son intellect, mais lui révélera des vérités et des gloires de l'inconnu que l'intellect à lui seul ne voit que comme « à travers un verre, c'est-à-dire vaguement ».

W. B. Carpenter.

— Traduit de l'anglais par John Faure. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
(de l'Institut).

XXI

Hérédité. — Son double rôle conservateur et modificateur.

Le milieu et l'hérédité sont les deux seuls agents de l'apparition des variétés et de la formation des races. Du moins nous pouvons concevoir que ces deux causes suffisent pour rendre compte de tous les phénomènes généraux qui se rattachent aux modifications du type spécifique. Il est nécessaire maintenant d'étudier ces phénomènes en eux-mêmes.

Le physicien, avant de décrire le télégraphe ou le dorage par la pile, c'est-à-dire avant de faire connaître l'application des lois générales de l'électricité, commence par étudier ces lois dans les phénomènes auxquels elles donnent lieu. Or, qu'il s'agisse de l'électricité, de la chaleur ou du magnétisme, il n'a pas la prétention, en se livrant à son travail préliminaire, de dévoiler la nature de ces agents; mais, par l'étude des phénomènes qu'ils produisent, il est conduit à la connaissance de leur mode général d'action. C'est aussi la marche que nous allons suivre.

La tendance, chez un être vivant, à se répéter dans son produit n'a rien qui répugne à la pensée. Au contraire, elle apparaît comme une sorte de nécessité. On aurait peine à concevoir un être qui ne ressemblerait pas à ses parents. En fait, cette tendance se rencontre partout; si bien que, de tout temps, même en remontant jusqu'à l'antiquité grecque, on la retrouve admise comme un de ces faits fondamentaux et primordiaux qui sont la base de toutes les sciences naturelles ou physico-chimiques, et qui jouent pour elles, faute de mieux, le rôle dévolu aux axiomes dans les mathématiques.

Il faut donc s'en faire une idée nette.

Évidemment, la loi mathématique de l'hérédité serait, pour l'être engendrant, de se reproduire en entier dans l'être engendré. Peut-être même, si absolue qu'elle soit, cette loi se trouve-t-elle au fond des phénomènes naturels; mais, dans tous les cas, elle est masquée par des circonstances accessoires, par les conditions au milieu desquelles s'exerce l'hérédité. Cependant, je le répète, elle ne ressort pas seulement des considérations théoriques, mais des faits. Quoiqu'elle soit forcément et constamment troublée, l'hérédité, si l'on embrasse tous les phénomènes qui marquent chez les divers individus une tendance à obéir à la loi mathématique dont je vous parle en ce moment, finit par réaliser, dans l'ensemble de chaque espèce, le résultat qu'elle ne peut réaliser chez les individus isolés. On dirait, pour me servir d'un langage figuré sur le vrai sens duquel aucun de nous ne saurait s'abuser, que, ne pouvant se vérifier en bloc, elle se vérifie en détail.

Pour démontrer qu'il en est bien ainsi, je n'aurais qu'à répéter tout ce qu'ont dit les prédécesseurs des savants de notre siècle, depuis Aristote et les philosophes grecs jusqu'à Prosper Lucas.

Je ne prendrai toutefois que quelques exemples chez les animaux et chez l'homme; ils suffiront pour vous montrer combien est générale la transmission des traits individuels. Les faits que je citerai seront, pour la plupart, empruntés à Prosper Lucas; cependant il m'arrivera aussi de puiser à d'autres sources. Il est bien entendu qu'ils se rapporteront tous à l'hérédité s'exerçant entre individus de la même race, et par conséquent semblables. Plus tard seulement, j'aurai à vous parler des unions d'individus appartenant, soit à deux races, soit à deux espèces distinctes, unions constituant le croisement par métissage ou par hybridation.

Un des premiers caractères de nature à rapprocher deux individus est ce *je ne sais quoi* qui résulte de l'ensemble des proportions, des traits, de la taille, d'une manière d'être commune, de l'analogie des mouvements, etc. C'est le port chez les végétaux, le facies chez les animaux, et ce que nous pouvons appeler ressemblance générale. Elle se transmet d'une manière très-marquée et très-régulière chez les animaux lorsque les parents se ressemblent. Souvent même l'identité physique des représentants d'une ou plusieurs familles paraît complète à l'œil de quiconque ne s'est pas fait, à propos des animaux, l'éducation si parfaite grâce à laquelle il sait discerner chez les hommes les différences les plus insignifiantes. Le fait est facile à vérifier sur un troupeau bien soigné appartenant à une race ovine bien assise. Tous les moutons y ont même taille, même toison, même facies; le berger seul, qui doit avoir la connaissance individuelle de ses bêtes, sait les distinguer les unes des autres.

Une race bien assise présente, dis-je, cet aspect; il n'est même pas nécessaire qu'elle soit fort ancienne. Un petit nombre de générations suffisent souvent pour établir un pareil degré d'uniformité dans une race, à condition qu'elle soit entre les mains d'un de ces éleveurs ou amateurs éclairés qui facilitent sa formation par des soins intelligents. Je ne saurais mieux vous en convaincre qu'en vous rappelant cette nombreuse et magnifique meute qui a été envoyée par M. Carayon-Latour à l'exposition canine de 1863, où elle a valu à son propriétaire la première des récompenses. Tout le monde était frappé de la ressemblance de ces chiens les uns avec les autres, pour leur taille, pour leur tête allongée, leurs oreilles immenses, leur nuque dominante, pour leur physionomie enfin, car le mot n'était vraiment pas déplacé.

Chez l'homme, la ressemblance générale est souvent remarquablement accusée entre parents, et constitue alors ce qu'on appelle l'air de famille. En effet, la physionomie, qui est indépendante des traits eux-mêmes, caractérise souvent des familles entières dont tous les membres se ressemblent par ce cachet particulier qui leur est commun et ne se rencontre pas ailleurs. Ce n'est pas tout; d'une manière plus générale, la physionomie distingue certaines nations de toutes les autres. C'est grâce à elle qu'un Anglais ou un Basque se reconnaissent partout au premier coup d'œil. Parfois même elle caractérise des races entières. Les Israélites en sont un exemple frappant. Vous savez combien leur type est aisément reconnaissable entre tous; et pourtant Camper, anatomiste du premier ordre et de plus excellent dessinateur, n'a jamais pu préciser les traits soi-disant caractéristiques de la race juive.

Si nous prenions maintenant chaque trait isolément, nous verrions qu'il n'est pas de partie du corps qui ne puisse présenter quelque particularité transmissible des parents aux descendants.

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621 et 655, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er, 8, 15 et 29 août et 12 septembre 1868.

les enfants les yeux ou la bouche du père ou de la mère; mais le nez est peut-être de tous les traits du visage celui qui se transmet le plus volontiers par l'hérédité. Des faits historiques attestent combien, chez certaines familles, sa forme se maintient fixe de génération en génération, et le célèbre romancier anglais, Ch. Dickens, a tiré parti, dans son ouvrage intitulé *Japhet à la recherche d'un père*, des croyances populaires qui se rapportent à la transmissibilité si fréquente de ce trait. Des observations précises faites sur les galeries de portraits d'ancêtres qu'on trouve chez un grand nombre d'anciennes familles viennent confirmer sur ce point l'opinion générale. Prosper Lucas, après avoir insisté sur la ténacité de ce caractère, raconte qu'au commencement de ce siècle, en Angleterre, le docteur Gregory, en visite dans un château chez une dame de grande famille, fut frappé de la ressemblance du nez de la châtelaine avec celui du grand chancelier d'Écosse sous Charles Ier; aussi ne fut-il pas étonné d'apprendre que cette dame était une arrière-petite-fille de ce personnage mort il y avait deux siècles. Ce n'est pas tout; se promenant ensuite aux environs du château et dans le village, le docteur Gregory remarqua le même trait chez plusieurs paysans; et il sut de l'intendant que ceux-là descendaient aussi, mais par la main gauche, du même grand chancelier. Je n'ai pas besoin de vous citer le nez des Bourbons, ni de vous rappeler la persistance de sa forme si accusée chez presque tous les membres de cette famille.

La taille est encore un des caractères qui se transmettent le plus souvent. La formation de nos grandes races domestiques en est la meilleure preuve. Nous aurons plus tard à y revenir au sujet de l'homme, et vous verrez alors qu'on peut former assez vite une race humaine de grande taille. Il en est de même des proportions du corps. Plutarque nous apprend qu'une loi de Crète ordonnait le choix, à chaque génération, des hommes et des femmes les mieux faits. On les mariait ensuite bon gré mal gré, de manière à entretenir au milieu de la population un noyau qui perpétuait ces belles formes dont les Grecs étaient si amoureux.

Ce fait de la sûreté de transmission de certains caractères appartenant à l'un des parents a sa conséquence pratique. L'auteur d'un ouvrage sur la théorie des ressemblances, Gama Machado, pense que la trop grande disproportion de taille entre époux peut amener de graves inconvénients, et en particulier l'avortement chez la femme. C'est ce qui arrive chez les oiseaux par suite de la grosseur de l'œuf, lorsque le mâle est d'une taille double. De même, la grosseur de la tête et la largeur des épaules sont des traits héréditaires qui ont depuis longtemps attiré l'attention des médecins par la difficulté qui en résultait souvent dans les accouchements. Prosper Lucas rapporte que la mère du médecin Forestus refusa sa fille à un jeune homme remarquable par la carrure de ses épaules. C'est que, éclairée par son expérience personnelle, elle redoutait pour sa fille des couches dangereuses.

Je n'insisterai pas sur la transmission des caractères qui se rapportent à la structure interne. Tous les auteurs s'accordent à reconnaître que les traits anatomiques sont héréditaires. Cela résulte déjà pour vous de faits que je vous ai signalés à propos de la formation de nos races domestiques.

Je vous dirai seulement un mot des caractères physiologiques. Ici encore presque tous les auteurs sont unanimes dans le sens de l'hérédité, et les ouvrages de médecine et de physiologie en renferment des exemples. Celui de Lucas renferme un très-grand nombre de faits.

La fécondité poussée à un degré élevé est un caractère héréditaire. On connaît quelques grandes familles, les Montmorency, les Condés, les Guises, par exemple, où, pendant un grand nombre de générations, la fécondité des mariages a été des plus remarquables. Nous aurons l'occasion de dire pourquoi et comment elles semblent finalement s'épuiser et perdre ce caractère longtemps conservé.

Les familles gémelligères, c'est-à-dire celles où les naissances de jumeaux sont fréquentes et reviennent presque régulièrement, constituent un phénomène encore plus curieux. Il est attesté par Osiander, et vous en trouverez de nombreux exemples cités par les auteurs. Moi-même, j'ai connu un jeune homme dans la famille duquel un père n'avait eu que des jumeaux; l'un des fils, s'étant marié, eut, aux premières couches de sa femme, deux enfants à la fois.

Aux caractères physiologiques se rattachent les phénomènes de prédisposition ou de résistance naturelle à certaines affections, à certaines épidémies.

J'ai connu moi-même celui qui m'a cité l'exemple suivant, qui prouve bien que ces aptitudes ou ces immunités peuvent être héréditaires. C'est mon ancien professeur Fodéré, le fondateur de la médecine légale en France. Il a écrit et racontait dans ses cours que son beau-père, mort à quatre-vingt-onze ans, n'avait jamais pris la petite vérole, bien qu'il eût soigné un grand nombre de variolés en temps d'épidémie. Madame Fodéré, sa fille, ne put jamais être inoculée, malgré les tentatives répétées de son père; mais ses enfants avaient perdu cette immunité, et la vaccine prit très-bien sur eux.

La durée de la vie est également susceptible de variations héréditaires. Ici encore le fait est attesté par des croyances populaires que bien des observations ont confirmées. Il est tellement admis pour vrai, qu'en Angleterre les courtiers d'assurances sur la vie ne manquent pas de prendre des renseignements sur l'âge des ascendants au moment de leur mort, et sur les circonstances qui l'ont accompagnée. Il résulte même d'une discussion au parlement, que lorsqu'ils ne peuvent en obtenir oralement, ils vont en chercher dans les cimetières.

L'hérédité pathologique a soulevé bien des discussions, et les médecins se sont séparés sur ce point en deux ou même plusieurs camps. Je n'ai pas à entrer dans ces controverses. Je vous ferai seulement remarquer que la question me semble absolument jugée, quant au fond, par ce fait que les adversaires les plus déclarés de l'hérédité pathologique, les élèves de Broussais et de Burdach, admettent cependant l'hérédité, non point de la maladie elle-même, mais d'une prédisposition à la contracter.

Pour ma part, je trouve que, même avec cette restriction, le fait est encore des plus significatifs. Mais il me paraît impossible de ne pas admettre que l'enfant puisse hériter du germe même d'une maladie latente, destiné à se développer plus tard. Vous savez tout le danger qu'il y a à s'allier avec une famille dans laquelle des cas d'épilepsie ou de folie ont été constatés, même lorsque la santé paraît avoir repris ses droits. Souvent, en effet, l'affection à la disparition de laquelle on a pu croire n'éclate qu'à un âge avancé.

De plus, quand des médecins de la plus grande autorité, quand des Barthès, des Cruveilher, des Fourcault, déclarent que l'enfant présente souvent en venant au monde les altéra-

tions organiques attestant l'hérédité du mal tout développé, quand ils ont trouvé des tubercules dans les poumons de fœtus engendrés par des parents phthisiques, il est impossible de ne pas admettre que si l'on a pu exagérer parfois le rôle de l'hérédité pathologique, elle n'en constitue pas moins un phénomène très-réel et très-général. J'ajouterai que, de leur côté, les vétérinaires l'ont bien des fois observé.

Quant aux caractères psychologiques, leur transmissibilité chez les animaux n'est pas moins bien prouvée. Voyez ce que Buffon dit du cheval : « Un cheval ombrageux, hargneux, rétif, produit des poulains qui ont le même naturel. » Huzard insiste sur ce fait, qu'il faut rejeter tout étalon rétif ou seulement trop sauvage. En revanche, les bonnes qualités se transmettent parfois remarquablement. J'ai vu à Toulouse les représentants d'une famille d'épagneuls soigneusement élevée par les Castellane, et à qui il n'était jamais arrivé, pas plus qu'à leurs ancêtres, de mordre un roquet pour ses aboiements ou un enfant pour ses tracasseries.

Serons-nous surpris après cela de retrouver chez l'homme des exemples analogues de l'hérédité des penchants? Cette hérédité n'est que trop bien attestée par les annales du crime auxquelles Prosper Lucas fait des emprunts nombreux.

Si les faits inverses de qualités ou de vertus héréditaires paraissent d'abord moins fréquents, c'est que les investigations sont forcément plus complètes dans le sens de l'hérédité des penchants vicieux. En effet, la loi violée appelle les coupables sur les bancs des accusés, les débats établissent les faits et permettent de remonter à la source même des crimes. Mais le bien n'est pas moins héréditaire que le mal. Nous *connaissons tous* de ces familles où la bonté, la probité, le dévouement et l'honneur se transmettent comme un héritage de génération en génération.

Un fait qui met en pleine lumière la généralité de la loi, est la transmission fréquente des parents à l'enfant, d'un état *actuel* et momentané des premiers à l'instant de la *conception*. Ce fait avait attiré l'attention des médecins et des philosophes, mais il avait été exagéré. Vallerius était allé jusqu'à dire que le passé des parents n'était pour rien dans la constitution du fils, qui dépendait tout entière de l'état des parents au moment de la procréation. En revanche, les modernes avaient perdu de vue cet ordre de phénomènes, et n'y avaient pas, à leur tour, attaché une assez grande importance. Prosper Lucas a eu raison d'appeler de nouveau l'attention de ce côté, et de citer plusieurs faits. Je me bornerai à vous en rapporter un que j'ai recueilli moi-même.

Depuis longtemps on a remarqué que les enfants engendrés pendant l'ivresse présentent souvent en permanence certains signes caractéristiques de cet état, des sens obtus et des facultés intellectuelles presque nulles. Or, à Toulouse, pendant ma courte carrière médicale, j'ai eu l'occasion d'observer un fait de ce genre. Deux artisans, le mari et la femme, appartenant à des familles dont tous les membres avaient été sains de corps et d'esprit, avaient quatre enfants. Les deux premiers étaient vifs et intelligents, le troisième à demi idiot et presque sourd. Le dernier enfin ressemblait aux aînés. Des détails que me donna la mère, dont cet enfant dénué d'intelligence faisait l'affliction, il résulta qu'il avait été conçu dans un moment où le père était abruti par l'ivresse. Isolé, ce fait n'aurait que point ou peu de signification; rapproché de ceux qu'ont fait connaître P. Lucas, Morel, etc., il en a au contraire une très-grande; et chacun de vous saura en tirer les renseignements très-importants qui en découlent, soit au point de vue scientifique, soit au point de vue pratique.

Ainsi la loi de l'hérédité est bien de reproduire l'être entier. C'est là une tendance générale qui agit à chaque génération. On est donc porté à se demander comment il ne se produit pas constamment des races, et comment les caractères les plus accusés en bien ou en mal disparaissent généralement au bout d'un petit nombre de générations? Nous avons déjà reconnu une première cause sur laquelle nous reviendrons, l'action du milieu. Mais l'hérédité elle-même, et cela en vertu de sa loi fondamentale, peut et doit devenir en certains cas une cause de variations.

En effet, tout acte reproductif suppose deux éléments. Chez certains animaux inférieurs seulement on les trouve réunis sur le même individu; alors la loi héréditaire est en lutte avec le milieu seulement. Mais dans l'immense majorité des cas, et chez tous les animaux supérieurs comme chez l'homme, deux individus interviennent; il y a un père et une mère. L'un et l'autre tendent également à imprimer leur empreinte sur le produit. Deux forces héréditaires sont donc en présence.

Or, il est évident que dans toute procréation, les parents apportent des influences qui se rattacheront aux trois ordres de faits suivants. Leurs caractères pourront être, à des degrés divers, analogues ou même semblables, opposés ou enfin simplement différents. Dans le premier cas, il y aura persistance ou exagération des caractères transmis ; dans le second, amoindrissement ou neutralisation réciproque. Je suppose, par exemple, l'un des parents presbyte et l'autre myope ; le fils aura des chances pour avoir une bonne vue résultant du conflit d'influences opposées. Enfin, dans le troisième cas, si les caractères sont simplement différents, ils influent diversement l'un sur l'autre. Le produit est à ce point de vue une résultante entre le père et la mère; c'est-à-dire qu'il apparait un caractère nouveau différent des deux premiers, quoique dû à l'hérédité. Ainsi, lorsque, chez les animaux, les parents sont de couleurs uniformes différentes, leur union donne assez souvent naissance à des rejetons dont le pelage est tacheté, marqué de plaques, zébré, par conséquent très-différent de celui du père et de la mère.

Ainsi l'hérédité peut jouer à son tour, en vertu même de sa loi fondamentale, le rôle de la force imaginé par Prosper Lucas, de l'innéité. Il est impossible de ne pas voir là une nouvelle preuve de l'inutilité de cette hypothèse.

Les résultats que je viens d'indiquer doivent inévitablement se produire dès la première génération ; ils se répéteront aux suivantes, et cette hérédité directe rendra déjà compte de variations d'une étendue considérable.

Mais l'hérédité n'agit pas seulement de cette manière simple et immédiate. Ici nous rencontrons un ensemble de phénomènes étranges qui, pour échapper au raisonnement, n'en ont pas moins la valeur indiscutable des faits. Je les regarde comme inexplicables dans l'état actuel de nos connaissances. Darwin a été plus hardi ; mais sa théorie de la pangénésie est loin d'avoir encore reçu la sanction qu'exige toute vérité scientifique.

Très-souvent l'hérédité, cause de ressemblance, n'agit pas à la première génération, au moment de laquelle elle paraît rester latente, et ne se réveille qu'à la seconde. C'est un fait vulgaire que certaines affections, telles que le rhumatisme, et surtout la goutte, vont du grand-père au petit-fils. Des traits de toute nature présentent la même alternance dans leur

transmission. Girou de Buzareingues, qui a dû à ses travaux sur la génération d'être nommé correspondant de l'Académie des sciences, a été conduit à admettre que les ressemblances sont plus grandes du grand-père au petit-fils, et de la grand'mère à la petite-fille, que du père au fils et de la mère à la fille. Il les croit aussi d'une génération à l'autre plus fréquentes du père à la fille et de la mère au fils. Ce sont ses conclusions que j'ai cherché à figurer dans le tableau ci-joint :

Tableau des ressemblances de famille (Girou de Buzareingues).

	Ligne paternelle.		Ligne maternelle.	
Ire génération.	Grand-père;	grand'mère.	Grand-père;	grand'mère.
IIe génération.	»	Père.	Mère.	»
IIIe génération.	Fils.	Fille.	Fils.	Fille.

Les opinions de Girou ont été adoptées par Burdach, dont le nom est une des grandes autorités physiologiques. Lucas aussi y adhère. Elles me paraissent en effet très-plausibles.

Je pense de plus que l'alternance qu'elles supposent doit s'étendre au delà du cercle de trois générations que ces savants lui avaient assigné; autrement dit, je pense que le cycle de générations au bout duquel les ressemblances reparaissent est souvent beaucoup plus étendu. En effet, ces phénomènes se rattachent à d'autres phénomènes normaux qui constituent ce qu'on a appelé la génération alternante chez certains animaux. Burdach, le premier, a fait ce rapprochement, mais il n'a pu parler que des faits découverts par Chamisso, qui, le premier, avait appelé l'attention sur les mollusques biphores ou salpas.

Génération alternante.

1° Salpas.	Agrégé..	Grand-père.
	Libre. . .	Père.
	Agrégé..	Fils.

Ici le cycle est en effet borné à trois générations, et c'est au grand-père que ressemble le petit-fils. Ils sont tous les deux à l'état agrégé et sont les produits directs de la génération, tandis qu'à la seconde génération, le père se détache du grand-père par voie de généagenèse et vit en liberté.

Mais depuis Burdach et Lucas, qui n'avaient pour termes de comparaison pris chez les animaux des phénomènes observés chez l'homme, que des exemples de cycles formés de trois générations seulement, on a constaté des faits qui permettent de pousser le rapprochement plus loin.

Bien souvent la ressemblance, au lieu d'exister de l'aïeul au petit-fils, n'existe que du bisaïeul à l'arrière-petit-fils. Or, aujourd'hui, on connaît chez les animaux des phénomènes de génération alternante corrélatifs, c'est-à-dire dans lesquels, au lieu d'une forme intermédiaire, avant le retour de la forme primitive, on en observe un plus grand nombre. Ainsi, chez la méduse, entre les deux types parfaits, on en compte trois : de l'œuf de méduse sort une *larve ciliée* qui se fixe et se transforme en un *polype*, lequel produit des individus isolés par voie de généagenèse. De temps à autre, un de ces individus nouveaux devient un *strobila*, qui se sectionne et reproduit ainsi un grand nombre de méduses semblables à celle qui a produit la larve ciliée.

2° Méduse.	Méduse..............	Bisaïeul.
	Larve ciliée (protoscolex).	Aïeul.
	Polype (deutoscolex)....	Père.
	Strobila..............	Fils.
	Méduse..............	Arrière-petit-fils.

Sans doute, les phénomènes que présentent les zoophytes sont bien plus frappants que ceux que nous leur avons comparés chez l'homme, en ce que les générations germent les unes sur les autres; mais ce qui arrive chez les animaux supérieurs et chez l'homme est en réalité plus étrange encore, parce que tout rapport matériel est rompu entre les individus qui présentent à travers plusieurs générations le même caractère. Cependant si, comme Burdach l'a pensé; si, comme je le pense moi-même, la simple alternance se rattache aux salpas, des faits correspondants à ceux que nous montrent les méduses peuvent et doivent se produire.

Prosper Lucas, unissant deux termes contradictoires, appelle les faits précédents des phénomènes d'hérédité en retour. J'aime mieux l'expression allemande, *Ruckschlag*, qui signifie littéralement *coup en arrière*.

C'est ce que le botaniste Duchesne, après avoir observé des faits analogues chez les végétaux, avait appelé l'atavisme.

Sageret, après des expériences précises, a conservé le nom qui a été adopté par d'autres botanistes. Mais le terme existe aussi en physiologie animale. Je le réserve pour des phénomènes de la même nature, mais bien plus étendus et bien plus étranges, qui non-seulement ne s'expliquent pas, mais ne se rapprochent d'aucun autre.

Il arrive souvent que les traits d'un ancêtre ne reparaissent pas seulement après quatre ou cinq générations, mais après un intervalle bien plus considérable, lors même que l'homme s'est appliqué à détruire cette nature d'hérédité. En voici quelques exemples.

Le seul insecte que l'on connaisse à l'état domestique, le ver à soie, avait dans les Cévennes une race de cocons blancs d'une beauté remarquable. C'était la race de Valleraugue. Nous connaissons son histoire. Apportée en 1710 des montagnes du Liban à Roquemaure, sur les bords du Rhône, où une même personne la cultiva pendant soixante ans, ayant grand soin de ne choisir pour la reproduction que les cocons les plus beaux et les plus blancs, elle fut transportée à Valleraugue vers 1810, et y reçut les mêmes soins jusqu'en 1838, époque de l'apparition de la terrible épidémie qui désole encore aujourd'hui ces contrées.

A ce moment, elle était donc cultivée en France depuis un siècle environ. Cependant, malgré cet intervalle de cent générations et les soins destinés à lui conserver toute sa pureté, on ne manquait jamais de constater la présence de quelques cocons jaunes. C'est bien là un exemple d'atavisme portant sur la couleur de la soie.

Les moutons présentent un phénomène analogue. Il en existe en Andalousie une race noire qui est tout particulièrement élevée dans le domaine des *Medina Sidonia*. Elle fournit un drap grossier fort recherché des matelots, qui préfèrent cette teinte naturelle à toute coloration artificielle. Or, depuis des siècles, on tue soigneusement tout agneau taché de blanc, et cependant, tous les ans, il en apparaît quelques-uns.

Voilà le véritable atavisme, inexplicable, mais important à signaler, et qui, plus qu'aucun autre, met en relief la puissance de l'hérédité tout en la montrant comme latente dans un nombre parfois très-considérable de générations.

J'ai un mot à vous dire au sujet de l'hérédité indirecte. Prosper Lucas a donné ce nom à « la représentation des collatéraux dans la nature physique et morale du produit ». Cette ressemblance entre des individus que ne rattache l'un à l'autre aucun fait de filiation, et qui appartiennent aux bran-

ches distinctes d'une même famille, sans d'autres liens que des ancêtres communs, cette ressemblance collatérale, dis-je, a été niée; c'est à tort. On a voulu aussi expliquer les faits de cette nature en invoquant quelque coïncidence ou les actions simultanées de milieux communs. Prosper Lucas admet l'hérédité dans ce cas, mais fait appel en outre à l'innéité agissant dans les deux branches d'une même famille. Il me paraît évident que ces phénomènes s'expliquent par ceux que je vous ai déjà signalés comme exemples de l'alternance des ressemblances et de l'atavisme.

Vous trouverez dans les ouvrages de Prosper Lucas des faits nombreux d'hérédité indirecte. Je me borne à vous en citer un que j'ai constaté moi-même. Je connais une famille dans laquelle est entrée une petite-nièce de l'illustre bailli de Suffren Saint-Tropez, le dernier qui ait fait contre les Anglais les grandes guerres dans l'Inde, avec Hyder-Ali pour allié. Cette dame a eu deux fils, dont le cadet, à en juger par un très-beau portrait, ressemblait d'une manière frappante à son arrière-grand-oncle, nullement ni à son père ni à sa mère. Le célèbre marin et son arrière-petit-neveu ont, par conséquent, reproduit à quatre générations d'intervalle l'un de l'autre, les traits d'un ancêtre commun. Évidemment, c'est l'atavisme qui a agi dans les deux branches, car on ne peut invoquer ici l'hérédité directe.

En résumé, l'hérédité est conservatrice par essence. Sa loi est de reproduire l'être tout entier. Mais pour qu'elle pût accomplir rigoureusement sa mission, il faudrait que la génération dépendît d'un seul parent. Or, nous savons qu'elle nécessite au contraire le concours de deux êtres. Chacun d'eux, *ayant sa puissance* propre d'hérédité, tend également, comme nous le vérifierons plus tard, à se reproduire dans le rejeton. Celui-ci ne peut donc être exactement ressemblant ni à l'un ni à l'autre. En outre, l'alternance des transmissions et les phénomènes d'atavisme viennent s'ajouter à ces causes de trouble dans l'accomplissement de la loi héréditaire idéale, :n sorte que le fils peut être la résultante non-seulement de 'eux, mais d'un bien plus grand nombre de forces.

Donc l'hérédité, par le concours des sexes, l'alternance des essemblances et l'atavisme, devient une véritable cause de ariation. C'est l'histoire de la pesanteur, dont le propre est 'attirer tous les corps vers le centre de la terre, et qui, en ertu même de ses lois, enlève dans les airs un ballon et sa arge du poids de plusieurs centaines de kilos.

XXII

Le milieu.—Ses actions directes et indirectes.

Nous avons à étudier maintenant un second agent non oins puissant, non moins important que l'hérédité. C'est le lieu dans lequel vivent les êtres organisés.

Depuis longtemps, depuis l'antiquité, on a bien compris e les êtres vivants, et l'homme en particulier, étaient sou- à des actions extérieures qui, nécessairement, devaient rcer sur eux une certaine influence. Mais, en général, n'a pas suffisamment étendu cette notion, et l'on s'est fait milieu une idée inexacte, parce qu'elle était incomplète rop restreinte.

insi Hippocrate, dans son traité *Des airs, des eaux et lieux,* attribue cette action presque exclusivement aux lités et aux climats. Il conclut en ces termes : « En général, tout ce que la terre fait naître est conforme à la terre elle-même, et l'homme ne déroge point à cette loi commune. » Buffon, qui, dans tous ses ouvrages, et surtout dans son *Histoire naturelle de l'homme,* s'est montré disciple d'Hippocrate, ne va pas sur ce point plus loin que son maître. Il ne parle guère, en effet, que de la chaleur et du froid, de la sécheresse et de l'humidité, d'une nourriture plus ou moins abondante. Cependant il fait intervenir aussi, et il entre par là dans un ordre d'idées plus général, l'influence qu'exercent sur les animaux domestiques et sur l'homme les *maux de la captivité.*

Geoffroy Saint-Hilaire étendait ces données, mais se plaçait essentiellement au point de vue physico-chimique. Il insistait tout particulièrement sur les changements de composition de l'atmosphère. On comprend qu'il leur attribuât une grande importance; car, dans ses études sur les faunes des diverses périodes géologiques, il devait nécessairement se préoccuper des modifications si considérables que la composition de l'air éprouvait à la suite des révolutions successives du globe.

A mon sens, le mot de milieu doit être beaucoup plus étendu, et représente des idées bien plus complexes. Un autre disciple d'Hippocrate, Montesquieu, va me servir à compléter ma pensée. Montesquieu, dans son *Esprit des lois,* veut qu'on accorde les institutions des peuples avec ce qu'il appelle leur tempérament moral, en même temps qu'il regarde le climat comme très-capable de modifier ce tempérament. Cela ressort du livre dix-septième, intitulé : *Comment les lois de la servitude politique ont du rapport avec la nature du climat.* Il admet, comme Hippocrate, que le climat uniforme de l'Asie prédispose les Asiatiques au gouvernement despotique, qui, en effet, a prévalu chez eux. Ces idées sont, dans une certaine mesure et pour certaines régions, extrêmement acceptables. Mais, sans être un Montesquieu, le physiologiste peut, en restant sur son terrain, montrer bien facilement que d'autres éléments encore ont une action énergique dans la formation des variétés, puis des races, et sur les populations humaines elles-mêmes.

Depuis que j'ai eu l'honneur de monter dans cette chaire, j'ai cherché à montrer que le mot de milieu doit être pris dans une acception extrêmement large. Les conditions d'existence ne résultent pas seulement du monde matériel et physique. Les institutions, les lois, la religion même, en font partie; non point qu'elles agissent le plus souvent d'une manière directe, mais par leurs conséquences inévitables. Comparons, par exemple, le christianisme, qui fait une loi de la monogamie, et l'islamisme, qui permet la polygamie. Cette dernière institution a donné naissance aux harems. Or, c'est bien à tort que ce mot éveille en notre esprit des idées poétiques. La princesse Belgiojoso a pénétré dans des harems ; elle nous en a donné une description d'une tout autre nature, et qui n'en est que plus exacte. Nous savons maintenant ce que sont en réalité ces entassements de femmes livrées à l'ignorance la plus extrême, à l'oisiveté la plus complète, et, par suite, à toutes les passions qui sont filles de ces deux vices. Cependant ces femmes élèvent des enfants au milieu d'elles. Quelles institutrices primaires ! De bonne heure initiés à de tristes mystères, ces enfants sortent de ce milieu malsain, trop souvent énervés au physique et viciés au moral. Bientôt ils deviennent des hommes capables de procréer à leur tour. Mais alors intervient l'hérédité, qui va nécessairement transmettre à leurs descendants une constitution physique et morale fort affai-

blie. N'y a-t-il point là de quoi agir rapidement sur la race entière, de quoi l'abâtardir bien vite? La cause première de cette déplorable tendance est une croyance religieuse qui autorise la polygamie; j'ai donc raison de dire que la religion fait partie du milieu.

Nous n'avons pas le harem en France, en Europe; mais d'autres causes d'une origine bien différente tendent aussi à abaisser finalement la race. Aujourd'hui l'amour paternel, aidé par les soins d'une science médicale plus sûre et plus habile, assure de plus en plus l'avenir des enfants, en arrachant à la mort une foule d'êtres chétifs, contrefaits ou d'une constitution viciée, qui auraient certainement péri chez des sauvages, ou seulement il y a un ou deux siècles. Ces enfants deviennent hommes, se marient; par l'hérédité, ils transmettent à leurs descendants au moins une prédisposition à des imperfections analogues aux leurs. Parfois même les deux époux apportent leur part dans cet héritage. Les petits-fils vont se dégradant, et il en résulte, dans une société donnée, l'abâtardissement et finalement la disparition de certains groupes.

Opposons aux miracles de nos médecins ce qui se passait à Sparte. Sans entrer dans le détail des institutions qui régissaient cette république, vous savez qu'une loi ordonnait la suppression des enfants mal conformés ou d'une constitution par trop faible. De plus, l'éducation des survivants se faisait en commun; on les soumettait à des exercices physiques et moraux continuels. C'étaient là autant de moyens qui nous manquent absolument, ou que nous n'avons pas au même degré pour relever et fortifier la race. Leur point de départ se trouvait, vous le voyez, dans les institutions politiques, qui méritent bien dès lors d'être considérées, avec l'état social, le développement scientifique et les croyances religieuses des peuples, comme faisant partie du milieu, grâce à l'influence plus ou moins directe qu'elles exercent sur les races humaines.

Donc, sans multiplier davantage les exemples, nous sommes conduits à voir dans le milieu quelque chose de plus étendu et de bien moins simple que ne le pensaient les hommes éminents dont je vous ai cité les noms. Nous le définirons : *L'ensemble des conditions ou des influences quelconques, physiques, morales ou intellectuelles, qui peuvent agir sur les êtres organisés.*

Ainsi compris, son étude devient sans contredit fort difficile, je ne craindrais même pas de dire impossible, s'il s'agissait de la poursuivre rigoureusement dans tous ses détails. Cet embarras résulte de causes multiples. En supposant même qu'on pût isoler tous les éléments du milieu, plusieurs donneraient encore naissance à des difficultés extrêmes, étant trop mal connus pour autoriser toute appréciation des relations de cause à effet, et pour permettre de concevoir des séries d'actions qui se succèdent et s'engendrent.

D'autre part, si l'on se propose de se rendre compte des actions de milieu dans leur résultat d'ensemble, le problème est le plus souvent insoluble, car l'inconnue est une résultante de forces dont plusieurs nous échappent, d'actions dont le mode de manifestation et les tendances nous sont souvent cachés, de causes et d'effets dont l'enchaînement et, pour ainsi dire, le retentissement n'ont pu être constatés.

Je ne crains pas, pour ma part, de vous exposer la difficulté dans toute son étendue, et d'avouer l'insuffisance du savoir actuel pour la résoudre. Vous savez que lorsque je suis convaincu de l'impuissance de la science sur tel ou tel point encore ténébreux, je n'hésite pas à en faire l'aveu. Ici, d'ailleurs, cette franchise a son avantage. Elle permet d'expliquer comment et pourquoi, lorsqu'on veut décomposer le milieu en ses éléments, pour en tenir compte séparément, on arrive à une contradiction inévitable avec les faits. Par là même on comprend l'origine de certaines objections.

Voici quelques exemples :

Buffon a voulu voir à peu près tout dans le climat. La chaleur surtout en est pour ainsi dire, selon lui, le thermomètre infaillible. Partout il trouve le même homme, mais *teint de la chaleur du climat*. Cependant, sous le même climat et sur le même sol, on trouve parfois des blancs, des noirs et des intermédiaires basanés qui permettent de passer des premiers aux seconds. Dans l'Inde, par exemple, on rencontre juxtaposées des populations présentant ces trois teintes, et de plus, à côté d'elles, on voit apparaître les nuances jaunes.

Donc le climat, le sol, avec tout ce qu'ils renferment, ne suffisent pas à rendre compte des différences de coloration. L'Inde seule en est un exemple. A plus forte raison, si nous le décomposons, si nous isolons ses éléments, ceux-ci ne pourront-ils jamais nous rendre compte des faits complexes qui résultent d'un ensemble considérable de forces enchevêtrées. C'est cependant ce que font la plupart de ceux qui nient les actions de milieu, ou du moins qui sortent des généralités vagues pour entrer dans une discussion plus sérieuse.

Au nombre des anthropologistes qui veulent voir dans les variations des formes animales et végétales les effets de l'action humaine seule, se trouve M. Godron, le botaniste distingué dont je vous ai déjà parlé et dont je regrette d'avoir à combattre si souvent les opinions. Vous les connaissez, au moins en ce qu'elles ont de général. Partisan de l'invariabilité de l'espèce, M. Godron nie précisément l'action du milieu naturel, ainsi que l'existence des races naturelles. Il n'admet comme effective que l'action humaine, et ne reconnaît, par conséquent, que des races domestiques. Déjà nous avons vu que les principes si absolus de mon honorable confrère tombaient nécessairement devant les faits. Ici encore nous allons voir les exagérations de sa doctrine se heurter à la réalité.

M. Godron prend un à un les principaux éléments du milieu, les isole, et montre qu'aucun d'eux ainsi considéré séparément ne rend compte de certaines modifications des races. Il en conclut que le milieu, en général, est sans action, à moins que l'homme n'intervienne. Mais la conclusion était facile à prévoir; elle est précisément la conséquence de la manière dont j'envisage le milieu. Celui-ci peut être représenté par plusieurs forces donnant une résultante unique. Or, il est évident que si nous isolons chacune de ces forces, il n'en est point qui, considérée isolément, coïncide avec la résultante et puisse être prise pour elle.

Cependant, bien que la science actuelle ne puisse tout expliquer, elle met aisément hors de doute l'existence de certaines influences agissant en dehors de l'homme, et détermine dans certains cas leur mode d'action d'une manière toute scientifique, ainsi que j'espère vous le démontrer.

L'action du milieu peut être directe, ou indirecte. Je m'occupe d'abord de ses manifestations immédiates.

Parmi les causes qui s'y rapportent, je place, avec Hippocrate, Buffon, et de l'accord de tous les naturalistes, la nature et la quantité des aliments. L'influence d'une nourriture abondante et convenable, ou insuffisante et non appropriée aux animaux qui la reçoivent, ne saurait être niée. M. Godron

lui-même admet que le plus ou moins de nourriture a une action directe et marquée sur la taille. Ici, en effet, les exemples surabondent.

Les bœufs de Sologne sont petits et chétifs. Transportés dans la vallée de la Loire, ils prennent, dans l'intervalle de deux générations, une taille et une qualité bien supérieures à celles de leurs ancêtres.

Voici un fait plus frappant encore. Les bœufs frisons formaient en Hollande une très-grande race. Ils furent entièrement détruits par une épizootie qui dura deux ans, de 1769 à 1771. Pour les remplacer, on alla chercher dans le Jutland des bœufs appartenant au contraire à une race très-petite. A la quatrième génération, la race frisonne était reconstituée. Toutes les races domestiques accuseraient des faits analogues, dans lesquels l'action est directe, et la relation de cause à effet, le rapport entre l'influence du milieu d'un côté, le résultat obtenu de l'autre, apparents au plus haut point. Le cas suivant présente le même degré d'évidence lumineuse.

Les *Helix*, ou escargots, que l'on trouve dans les montagnes schisteuses, granitiques ou volcaniques, ont en général la coquille plus mince que ceux qui vivent sur les terrains calcaires. Sur les trachytes du mont Dore en particulier, chez l'*H. arbustorum*, elle reste fragile, transparente, presque gélatineuse. Or, M. Lecoq a transporté plusieurs de ces individus jeunes dans un jardin sur un sol calcaire. En peu de temps le péristome, c'est-à-dire le rebord de l'ouverture de la coquille, était devenu plus épais, et une couche calcaire opaque et dure se déposait peu à peu intérieurement, de manière à rendre à la demeure de l'escargot sa solidité habituelle.

Je rapporte à un mélange d'actions directes et indirectes les résultats de l'éducation des harems et de la conservation des individus faibles d'un côté, de l'amélioration de la race par les lois et les coutumes spartiates de l'autre. Rien, en effet, n'est plus immédiat et n'intéresse plus directement une population que cet effet de la loi qui supprime violemment dans une société tous les êtres de qualité inférieure, qui tendent à abaisser le niveau en se multipliant par les mariages.

Je passe maintenant aux actions vraiment indirectes du milieu. C'est ici surtout que se montre le fait de l'adaptation de l'individu aux conditions de l'existence ambiante. Ces phénomènes sont si frappants, qu'ils ont depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes et des philosophes. Les partisans des causes finales les ont invoqués pour leur servir d'argument, tandis que leurs adversaires ont fait appel à la nature. Il est bien entendu que je n'ai pas la moindre intention de me mêler à ces discussions philosophiques, d'autant que, dans certains cas, la physiologie la plus élémentaire suffit pour rendre compte des phénomènes. Je prendrai comme exemple l'accommodation de certains animaux aux climats chauds ou froids par la diminution ou la multiplication des poils.

Vous vous rappelez ce que j'ai dit (p. 627) sur la constitution de la peau et de ses annexes. La peau, dans son ensemble, est véritablement un organe *sui generis* parfaitement distinct des systèmes pileux et sudoripares. Cependant, entre l'organe cutané et ces appareils secondaires, il existe ceci de commun, que les uns et les autres reçoivent les derniers ramuscules des mêmes artères et les filets des mêmes nerfs. Il y a donc de l'un aux autres des rapports anatomiques et physiologiques extrêmement étroits. Ils sont soumis à la loi du balancement de l'énergie vitale, aussi importante et aussi vraie que le principe du balancement des organes que Geoffroy Saint-Hilaire a pris pour base de plusieurs de ses théories. Toute surexcitation ou exagération des fonctions physiologiques sur un point entraîne un affaiblissement et un amoindrissement corrélatifs sur un autre.

Cette simple donnée nous suffit pour expliquer le mode d'action de la chaleur et du froid sur le système pileux, ainsi que la diminution ou la multiplication des poils qui en résultent. Prenons un animal des régions tempérées et transportons-le dans un climat très-chaud de l'Amérique méridionale ou de l'Afrique intertropicale. Il y rencontre une température bien plus élevée que celle dont sa race tout entière, ses ancêtres directs et lui-même avaient l'habitude. La chaleur agit en premier lieu comme stimulant sur l'organe périphérique, sur la peau, surexcite ses fonctions vitales et active l'évaporation à l'extérieur. Il en résulte un afflux plus considérable de liquides; le derme sécrète plus rapidement ces cellules dont l'ensemble forme les couches épidermiques. Cette suractivité est prouvée par des phénomènes pathologiques et par des faits anatomiques. Non-seulement les affections cutanées sont fréquentes dans les pays chauds, mais la peau y est normalement plus épaisse que chez l'homme des climats tempérés.

Ainsi la surexcitation est avant tout superficielle, et c'est l'organe cutané qui en est le siége. Les parties profondes, les glandes sudoripares et les follicules pileux sont protégés contre la chaleur par la peau même. En vertu du principe que je viens de rappeler, l'afflux des liquides nutritifs dans l'organe cutané et l'activité de ses fonctions ne peuvent s'accroître qu'aux dépens de l'activité physiologique des annexes de la peau placées plus profondément. Il résulte de là que l'appareil pileux, moins nourri, produit beaucoup moins et avec plus de lenteur.

Cependant l'hérédité intervient à son tour. Elle transmet aux enfants au moins la tendance à une activité plus grande de la partie périphérique de la peau, et à une inertie correspondante des bulbes. Soumis à leur tour aux mêmes actions de milieu, les enfants les ressentiront donc davantage; elles viendront s'ajouter chez eux à une prédisposition naturelle, qui arrivera plus accusée par suite aux petits-fils. Ainsi, à chaque génération, l'action cutanée prédominera, tandis que l'activité des annexes de la peau en général, et des bulbes pileux en particulier, décroîtra parallèlement. La conséquence inévitable de ce double phénomène sera l'atrophie successive de ces follicules et des poils eux-mêmes, parfois leur disparition complète. C'est ainsi que chez les races bovines des pays chauds se sont formés les bœufs pelones, qui n'ont presque pas de poils, les bœufs calongos, qui n'en ont pas du tout; les chevaux nus du milieu de l'Afrique dont parle Fitzinger, et les chiens nus aussi du Mexique, de l'Afrique, des régions intertropicales de l'Amérique, etc.

Étudions maintenant le cas inverse. Ce n'est plus à l'équateur, mais dans les régions polaires qu'a été transporté l'animal habitué à vivre sous un climat tempéré. On sait aujourd'hui que la seule action du froid tend à ralentir la circulation des liquides même dans les tubes capillaires inorganiques. Le fait a été mis hors de doute par les belles expériences de Poiseuille. Il a constaté en particulier que le sang s'écoulait bien moins rapidement dans des tubes capillaires de verre. C'est que la couche de sérum que la capillarité fixe aux parois s'épaissit et ralentit le cours des globules.

Le même phénomène doit se produire, à plus forte raison,

lorsque, au lieu de tubes inertes, il s'agit de tubes vivants, tels que les vaisseaux capillaires de la peau, susceptibles de se contracter et de se rétrécir encore sous l'influence du froid. Aussi la circulation capillaire doit-elle être considérablement ralentie, surtout dans l'organe cutané, dont le derme, placé relativement à la périphérie, reçoit naturellement la première impression du froid. Refoulé dans les régions profondes, le sang s'accumule dans les annexes de la peau, plus protégées que le derme. Les bulbes pileux profitent de cet afflux, leur activité s'exagère, les plus petits grandissent, il s'en forme de supplémentaires; puis l'hérédité intervenant en sens inverse de ce que nous avons vu dans l'exemple précédent, les races boréales si velues se trouvent constituées.

Dans les deux cas que je viens de citer, l'adaptation est le résultat final. Un animal qui vivait avec des caractères normaux dans une contrée tempérée, soumis à l'action de la chaleur et du froid, arrive à donner naissance à des descendants qui sont en harmonie avec les milieux opposés dans lesquels on les fait vivre.

Ici, de la cause à l'effet, la relation est aisée à suivre, la physiologie permet de reconnaître la filiation des actions et des réactions. Malheureusement il n'en est pas toujours ainsi, et il est souvent impossible de saisir l'enchaînement des phénomènes. Les cas exceptionnels et isolés surtout échappent jusqu'ici à l'analyse.

Allons-nous pour cela les négliger ou les nier? Évidemment non. Nous devons les rapprocher et les recueillir en attendant l'explication que la science finira sans doute par leur donner. Ainsi procèdent les sciences physico-chimiques. A moins de vouloir se payer de mots, il est impossible de ne pas reconnaître que les faits de catalyse et d'épipolisme, par exemple, restent encore inexpliqués. On ne les rejette cependant pas pour cela. C'est ainsi que je crois devoir agir, et je rapporterai au moins provisoirement aux actions indirectes du milieu ces faits parfois isolés, parfois répétés, qui portent sur les individus. J'y rattacherai les modifications subites du type, telles que l'apparition du premier mauchamp, du premier mouton à trois, quatre ou même cinq cornes. J'en dirai autant de la stérilité plus ou moins complète de la plupart des espèces sauvages vivant en captivité. L'éléphant offre un exemple remarquable de cette anomalie au point de vue des lois naturelles; bien qu'il soit complétement soumis à la domesticité, il ne se reproduit jamais tant qu'il reste serviteur de l'homme. Les éléphants domestiques, si communs dans l'Inde, ont tous été individuellement capturés à l'état sauvage.

Encore une fois, nous n'expliquons pas ces faits. Nous devons même reconnaître que dans certains cas nous ne pouvons y voir des faits d'adaptation. Néanmoins nous les enregistrons. Ils ont déjà une utilité pratique au point de vue des rapprochements qu'ils nous permettent de faire. Lorsque, après avoir vu des phénomènes de cette nature se produire sous nos yeux dans une espèce domestique et donner naissance à une race, nous constaterons dans une autre espèce l'existence d'une race présentant des particularités analogues, mais à l'apparition desquelles nous n'aurons pas assisté, nous comprendrons qu'en dépit de leur caractère exceptionnel, ces particularités n'aient rien de primordial, et que là aussi elles aient pu se produire sans sortir des limites que trace l'observation directe. C'est là un moyen de raisonnement dont nous aurons à faire de nombreuses applications, et en agissant ainsi, nous ne ferons qu'imiter les physiciens et les chimistes.

Quoi qu'il en soit, nous sommes autorisés à tirer plusieurs conséquences générales des faits qui précèdent.

1° Le milieu exerce une influence incontestable; par les conditions d'existence qu'il leur impose, il soumet les êtres organisés à une action souvent profonde et qui entraîne des modifications d'où résultent des variétés et des races.

2° Toutes les fois que cette action produit quelque modification du type dans un sens déterminé, le résultat est toujours l'adaptation de l'individu et de la race qui en dérive au milieu dans lequel ils doivent vivre.

3° Enfin, nous pouvons conclure, du temps que cette action met à se manifester, que la nature de l'être peut résister à la violence qui lui est faite par le milieu. Mais, d'une manière ou d'une autre, elle est et doit être finalement vaincue. En effet, ou bien elle cède, et il y a adaptation, c'est-à-dire que l'harmonie entre l'être et le milieu s'établit; ou bien elle se refuse au contraire à toute modification, et l'être doit périr, car il est dans la position du roc que creuse et finit par détruire la goutte d'eau. De là plusieurs applications qui se développeront plus tard lorsque je vous parlerai de l'acclimatation et des difficultés qu'elle présente.

Jusqu'ici je vous ai montré le milieu agissant comme cause de variation. Mais vous aurez remarqué qu'il ne joue ce rôle qu'à la condition de ne pas rester le même relativement à l'animal, soit qu'il change lui-même, soit que l'animal vienne à être transplanté dans un milieu différent. Lorsqu'il ne change pas, il devient au contraire une raison non moins puissante d'invariabilité. Le fait est facile à comprendre.

Les causes qui ont modifié en un sens tel ou tel caractère tendent à le développer dans la même direction et à l'y pousser de plus en plus. Par cela même, s'il n'intervient pas de causes nouvelles, elles s'opposent aux variations contraires, une fois l'effet maximum produit et l'adaptation consommée. Ainsi le milieu, restant le même, tend à maintenir la modification qu'il a lui-même imposée à l'animal.

Une nourriture abondante accroîtra d'abord la taille. Puis, si elle continue à être aussi copieuse, une fois le résultat maximum atteint, elle empêchera la formation de petites races. Il en sera de même du froid ou de la chaleur, causes du développement ou de l'atrophie des bulbes pileux. Lorsque l'animal sur lequel elles auront agi se trouvera adapté au milieu nouveau, elles agiront encore pour maintenir les caractères nouveaux qu'il leur doit, et l'on ne verra jamais apparaître au pôle une de ces races nues des régions équatoriales, pas plus que sous l'équateur des individus velus comme ceux qui habitent les régions polaires.

Sans doute, au début de cette action du milieu, l'hérédité directe et l'hérédité alternante lui livreront une lutte plus ou moins vive et la troubleront souvent. C'est ce qui est arrivé aux poules transportées d'Europe dans les îles du Mexique. Les poulets ont commencé par naître vêtus comme leurs frères des régions tempérées. Puis peu à peu, l'action du milieu se manifestant, leur jeune duvet est devenu plus rare, et ils ont fini par naître à peu près nus. Ce n'est pas à dire pour cela que l'atavisme ne puisse intervenir de loin en loin et amener l'apparition de poulets doués de duvet à leur naissance. Des oscillations plus ou moins accusées et fréquentes pourront être le résultat momentané de ce conflit; mais l'action incessante du milieu les rendra de plus en plus rares et circonscrites, fixera et les traits qu'elle a fait apparaître.

Le milieu peut donc devenir un agent de stabilisation et

de conservation. C'est là un fait trop oublié sur lequel nous reviendrons en discutant les caractères des races humaines.

Il est encore un point sur lequel je désire fixer un instant votre attention.

Quand il s'agit du milieu, la plupart des auteurs, tous peut-être, ne comprennent son action que sur les êtres arrivés à la vie extérieure, et qui ont par conséquent quitté, soit leur œuf, soit le sein de leur mère. L'être en voie de formation échappe-t-il en réalité aux influences extérieures? Non. Il a beau être et surtout paraître protégé, il n'en subit pas moins l'action du milieu. En effet, la matrice de la mère chez les vivipares, l'œuf chez les ovipares, constituent pour l'embryon un monde dans lequel il est soumis à certaines conditions d'existence. Il doit donc se plier aussi aux modifications qu'elles peuvent subir sous l'influence des actions extérieures.

C'est là encore un fait méconnu à tout instant et dont l'oubli donne lieu à des opinions que nous devons combattre.

Est-il besoin de le démontrer? Il ressort déjà de bien des faits que nous avons énoncés. Rappelez-vous seulement ces œufs de truite saumonée qui auraient certainement donné des individus présentant la coloration de leurs parents, si on les eût laissés dans l'eau où vivaient ces derniers. Cependant, mis à éclore dans une eau différente, ils ont produit des truites décolorées, accusant ainsi une modification qu'ils avaient subie pendant la première période de leur développement.

Je vous citerai encore les expériences ébauchées par Geoffroy le père et reprises avec tant de succès par M. Dareste. Il suffit d'altérer un seul des éléments du milieu, par exemple d'appliquer d'une certaine manière la chaleur à des œufs en incubation, pour produire la plupart des monstruosités enregistrées par la tératologie.

Mais, dira-t-on, lorsqu'il s'agit d'un œuf, c'est-à-dire de quelque chose de complétement isolé, on comprend jusqu'à un certain point l'action du milieu sur lui. Mais en saurait-il être de même chez les vivipares? Incontestablement, car c'est par l'intermédiaire de la mère que l'embryon reçoit les actions du milieu. Un fait bien simple le prouve. Je vous ai entretenus de l'influence qu'exerce la nourriture sur la taille des animaux. Or, voici ce qui se passe pour la petite race de chevaux de la Camargue abandonnés à eux-mêmes dans le delta du Rhône. Pour en obtenir un représentant de plus haute taille, il suffit de bien nourrir la mère pendant qu'elle est pleine. Le poulain auquel elle donne naissance est, du premier coup, plus grand que ses parents.

Ces faits sont autant de conséquences forcées de l'épigenèse. C'est ainsi que le travail de la grossesse, troublé par une cause quelconque, entraîne des monstruosités ou des modifications légères, suivant l'énergie de la force perturbatrice.

En résumé, il résulte de ma dernière leçon et de celle que je termine en ce moment, qu'en dehors de toute intervention humaine, deux agents influent sur la production de ces modifications du type qui font l'objet de notre étude actuelle, et ces deux agents sont tour à tour des causes de variation et de maintien des caractères de race.

Le milieu nous apparaît tout d'abord comme le régulateur suprême de ces phénomènes qui nous frappent, agent de modification lorsqu'il varie, de stabilité s'il reste constant.

Puis intervient l'hérédité, force conservatrice dans son essence, mais qui devient souvent une cause de variations lorsqu'elle transmet ou renforce les résultats des actions du milieu.

C'est sous l'influence de l'ensemble de ces forces que s'engage pour tous les êtres, aussi bien entre eux qu'avec le monde ambiant, ce que Darwin a appelé la *lutte pour l'existence*, *the struggle for life*. Le résultat immédiat de cet état de lutte est la *sélection naturelle*.

On appelle ainsi l'élimination des plus faibles qui n'ont pu réussir à conquérir leur place au soleil, soit que des êtres plus forts leur aient disputé victorieusement le terrain, soit qu'ils n'aient pas eu la vitalité et la vigueur nécessaires pour se plier aux exigences impérieuses d'un nouveau milieu.

Disons tout de suite que depuis bien des années nous exposons au Muséum des idées analogues. Mais nous étions loin d'avoir poussé l'étude de ces grands faits aussi loin que l'a fait l'homme éminent qui a écrit le livre *Sur l'origine des espèces*. Nous n'avions pas non plus donné de nom à ces phénomènes. Nous acceptons ceux du savant anglais, et nous nous en servirons dans le cours de cet enseignement.

Toutefois nous ne tirerons pas de ces faits les conséquences qu'en a tirées Darwin. Or, en présence des luttes ardentes que soulèvent les doctrines de mon éminent confrère, en présence des passions qui se dissimulent assez mal sous des dehors scientifiques, je tiens à vous montrer que mon opinion repose sur des données exclusivement scientifiques. Nous consacrerons donc à l'examen du darwinisme une leçon entière (1).

XXIV

Centres de création. — Formation des races sauvages. — Influence de l'homme.

Je vous ai dit dans ma dernière leçon quel était le sens attaché par Darwin à ces mots de *lutte pour l'existence* et de *sélection naturelle*. Tout en rendant justice au savant anglais, je vous ai montré quelle part il fallait attribuer à Buffon et à Lamarck, dans cet ensemble d'idées. Nous avons reconnu ce qu'ont d'exact et de vrai les vues de l'auteur sur ces deux grands faits; mais nous avons vu ensuite sur quelles hypothèses reposent les conséquences qu'il en tire. Si, finalement, nous avons rejeté ses conclusions, c'est pour les avoir trouvées en contradiction avec tout ce que nous avaient appris l'expérience et l'observation.

L'étude des actions du milieu sur l'homme et sur les animaux nous avait conduits à ce rapide examen critique de ce qu'on a appelé le *darwinisme;* c'est elle qui nous occupera pendant quelques séances encore.

Avant de faire application des données que nous avons acquises, il est encore un point de la science qu'il faut au moins indiquer. Je veux parler des lois générales suivant lesquelles les espèces végétales et animales sont distribuées sur le globe, et, par conséquent, de ce qu'on appelle les *centres de création*. Une réflexion d'abord au sujet du mot *création*.

Dans le langage dogmatique, on lui donne un sens précis. Il sert à définir un acte direct, spécial, de la volonté divine faisant exister ce qui n'existait pas, tirant quelque chose de rien. Dans le langage scientifique, au moins en ce qui me concerne, le même mot a un sens beaucoup moins déterminé. Je n'y vois que la manière d'exprimer la première apparition d'un être quelconque, sans aucune affirmation, aucune théo-

(1) M. de Quatrefages a réservé la publication de cette leçon pour un travail spécial dont il s'occupe en ce moment.

rie, aucune hypothèse relative à la cause, aux procédés qui ont pu influer sur cette apparition. Comprendre autrement la *création*, serait abandonner la science et aborder la théologie ou la philosophie; ce serait mettre le pied, en un mot, sur ce terrain des origines que je crois avoir démontré être si dangereux et si plein de piéges pour le vrai savant. Voyons maintenant ce qu'il faut entendre par ces mots « centres de création ».

Les lois les plus élémentaires de la physiologie font aisément comprendre que les espèces polaires livrées à elles-mêmes ne sauraient vivre dans les régions équatoriales, et que, réciproquement, les espèces intertropicales ne résisteraient pas au climat des régions polaires. L'expérience journalière, portant à la fois sur les végétaux et sur les animaux, confirme aussi complétement que possible ces déductions théoriques, et nous apprend que, sans même supposer des déplacements aussi excessifs, les espèces polaires et intertropicales ne supporteraient pas nos régions tempérées, et qu'elles y périraient promptement. Nous ne sommes donc pas surpris de voir, en marchant du nord au sud suivant le même méridien, les faunes et les flores se modifier, les espèces animales et végétales différer de plus en plus à mesure qu'on avance. Une même espèce apparaît d'abord rare, puis plus abondante; un peu plus loin elle redevient rare et disparaît peu à peu, remplacée qu'elle est par une ou plusieurs espèces nouvelles. Ainsi la théorie fondée sur la physiologie, l'expérience pratique et l'observation géographique, sont d'accord pour montrer que l'aire occupée par une espèce animale ou végétale est nécessairement limitée dans le sens des méridiens.

On est tenté de croire au premier abord qu'il devrait en être tout autrement le long des parallèles. Il semble qu'à moins d'obstacles physiques et géographiques, tels que les océans pour les mammifères et les oiseaux, ou les continents pour les poissons et les crustacés, les mêmes espèces devraient se prolonger indéfiniment dans le sens d'un même parallèle, partout au moins où le sol, les eaux et les climats sont identiques. Cependant l'observation montre ici l'insuffisance de la théorie. En réalité, lorsqu'on s'avance de l'est vers l'ouest, par exemple, sur un continent étendu, on voit les faunes et les flores changer en se succédant; on voit, comme sur les méridiens, les espèces s'arrêter à des limites qu'elles ne dépassent pas. Il en est de même dans la mer, de même aussi dans les eaux douces. De Humboldt, qui a parcouru les bassins de l'Amazone, du rio Negro et de l'Orénoque, fleuves gigantesques qui forment avec leurs canaux un lacis de 1400 ou 1500 lieues, signale, dans ce vaste réseau soumis sur toute son étendue à des conditions climatériques à peu près identiques, des provinces zoologiques nettement caractérisées par des espèces très-différentes de poissons, de reptiles et d'insectes. Les recherches récentes d'Agassiz sur le bassin de l'Amazone viennent confirmer l'observation de Humboldt.

Les choses se passent donc encore ici de la même manière que dans le premier cas, et comme si les espèces trouvaient, pour les arrêter dans le sens des parallèles, des obstacles naturels analogues à ceux qui s'opposent à leur diffusion indéfinie dans le sens des méridiens. Or, ces derniers consistent surtout dans le passage du chaud au froid, ou *vice versâ*, et sont, par conséquent, bien loin d'exister au même degré le long des parallèles. Peut-être dira-t-on que, pour y être moins marqués, ils n'y exercent pas moins une action énergique. On invoquera les lois de la distribution de la chaleur, ainsi que certains accidents géologiques. Il est certain que les climats de régions situées sous les mêmes parallèles que la France, par exemple, diffèrent souvent beaucoup. Il me suffit de vous citer le Turkestan, le désert de Gobi en Asie, et la région des grands lacs dans l'Amérique du Nord.

Mais, qu'on suive les contrées qui se trouvent sous les mêmes lignes isothères, isochimènes, ou isothermes, on verra que, même lorsque l'air, les eaux et le sol semblent assurer aux êtres organisés les mêmes conditions d'existence, les faunes et les flores sont encore très-différentes.

Or, si l'on transporte d'Europe en Asie ou en Amérique, dans des milieux où elles ne se trouvaient pas naturellement, bien qu'ils fussent identiques avec ceux dans lesquels elles avaient existé de tout temps, si l'on transporte, dis-je, dans de telles conditions certaines espèces végétales ou animales, on les verra, quoiqu'on leur ait fait franchir les limites géographiques de leur habitat, se très-bien acclimater, à condition, bien entendu, qu'une nourriture convenable leur soit assurée. Les insectes offrent un exemple intéressant de ce fait. Il s'agit des abeilles. Elles étaient inconnues dans l'Amérique du Nord lors des premières explorations de ce continent par les Européens. Importée par les colons de l'ancien monde, l'espèce domestique s'acclimata très-bien; bientôt des essaims s'échappèrent et redevinrent sauvages dans certaines parties des États-Unis. Ils se multiplièrent si rapidement, que la profession de chercheur de miel sauvage, ou de chasseur d'abeilles, ne tarda pas à être exploitée et à devenir lucrative. Cependant en 1797 les abeilles n'avaient pas atteint encore le Mississippi. En 1811, elles l'avaient franchi et l'avaient même remonté, ainsi que le Missouri, sur un parcours de plus de 200 lieues. Elles avaient donc gagné en moyenne 14 lieues par an dans le sens des méridiens comme dans la direction des parallèles.

Il y a plus, l'acclimatation a lieu parfois avec le même succès au nord et au sud du point de départ d'une espèce et par delà ses limites naturelles. Il me suffit de vous rappeler certains exemples que je vous ai cités en faisant avec vous l'étude des races libres. Les bœufs sauvages vivent en troupeaux dans l'Amérique du Nord et dans les plaines de l'Amérique du Sud; le cheval sauvage se trouve dans le Texas et dans la Patagonie; enfin le chien est cosmopolite dans toute la rigueur du terme. Cherchons à dégager une conclusion de ces faits.

Évidemment les espèces qui s'acclimatent ainsi et qui prospèrent dans des contrées où rien n'accusait leur présence naturelle plus ou moins ancienne, n'y avaient jamais existé, car on ne voit en aucune façon quelles causes auraient pu les faire complétement disparaître de ces régions. D'un autre côté, comme le globe entier présente des faits de ce genre pour les végétaux et pour les animaux, on arrive forcément aux conséquences suivantes : 1° Que les espèces végétales ou animales n'ont pas été réunies dans l'origine sur un point unique; 2° qu'elles ont été créées, ou du moins qu'elles ont apparu par groupes sur des points distincts et dans des espaces circonscrits disséminés sur tout le globe. Du moins tout autour de nous se passe comme si les choses avaient eu lieu ainsi à l'origine.

Ce sont ces espaces, ces points où pour la première fois ont apparu certaines espèces de plantes ou d'animaux que l'on a nommés *centres de création*, qu'on désignerait plus scientifiquement par le terme de *centres d'apparition*.

Nous n'avons à nous préoccuper ni de leur nombre, ni de leur position, non plus que des rapports qui peuvent exister

soit entre eux, soit entre les espèces d'un même centre. Ce sont des questions que nous examinerons plus tard en détail, lorsque nous aurons les mêmes problèmes à résoudre au sujet de l'homme. Pour aujourd'hui il nous suffit de constater l'existence des centres de création, en ajoutant toutefois une dernière remarque. Les espèces ne sont pas restées parquées comme il paraît qu'elles ont dû l'être lors de leur apparition sur des points isolés. Elles ont irradié en tous sens, et les centres de création ont fini par se pénétrer profondément les uns les autres.

Nous pouvons maintenant revenir à la question que nous nous sommes posée, il y a quelques séances, et nous demander comment se forment les races en général, et d'abord comment se forment les races sauvages.

Les centres de création montrent les espèces réunies d'abord par groupes caractéristiques sur certains points du globe. Incontestablement, pendant une première période, les espèces sont restées très-homogènes, étant soumises pour chaque groupe à l'action du même milieu natal, et l'hérédité concourant, ainsi que nous l'avons dit, à confirmer les caractères initiaux de chacune. Mais le milieu apparaît comme très-différent sur les divers points du globe et pour les centres de création multiples qui sont disséminés à sa surface; il est donc prêt à agir sur les êtres vivants dès l'instant qu'ils changeront d'habitat, et à modifier par là les caractères des espèces.

D'un autre côté, l'hérédité se montre prête aussi à transmettre et à fortifier de plus en plus les caractères nouveaux qui vont résulter du changement de milieu, de manière à fixer des suites d'êtres différents du type primitif; de manière, en d'autres termes, à former des races.

Que vont devenir les espèces en présence de ces deux agents?

Pour les végétaux et les animaux sauvages abandonnés aux seules forces naturelles et aux lois de leurs instincts, pas de difficultés. Les données précédentes, jointes à l'exemple de ce qui se passe journellement sous nos yeux, permettent de répondre avec une certitude à peu près complète. Les végétaux, même en les supposant réunis d'abord dans des centres de création, ou même circonscrits dans un espace très-restreint, n'auront pas tardé à se répandre en tous sens. Au centre de l'habitat, ils se seront trouvés dans la position des plantes du gazon que Darwin avait semées dans un petit carré, et parmi lesquelles les plus faibles ne tardèrent pas à être éliminées par les plus robustes. Il y aura eu lutte et sélection naturelle; les espèces les plus fortes auront chassé celles qui l'étaient moins; mais ces dernières n'auront pas péri pour cela. En effet, n'étant pas limitées dans un espace exigu comme le semis de Darwin, mais ayant l'étendue devant elles, elles se seront répandues au dehors.

La dissémination portant leurs graines en tous sens, les végétaux ont nécessairement irradié autour du point où ils avaient apparu tout d'abord. Supposons, dans un climat tempéré, une espèce née à mi-côte, au milieu d'une chaîne de montagnes, et dans un terrain médiocre. Les graines, disséminées de tous les côtés par le vent ou par les insectes, iront trouver dans la plaine des terres fertiles et une température plus douce; il en résultera une race plus largement développée. D'autres graines seront portées au contraire sur les sommets, et là, dans un sol aride, sous une température froide, il se produira le phénomène observé par M. Gubler. L'espèce s'atrophiera, deviendra rabougrie, et les organes les plus essentiels des végétaux pourront être réduits. Voilà donc déjà deux races distinctes nettement constituées sans qu'il ait été nécessaire de supposer un bien grand chemin accompli par l'espèce.

Continuant leurs migrations, les graines avanceront de part et d'autre dans le sens des méridiens et des parallèles. Dans le premier cas, elles rencontreront des conditions très-différentes, surtout au point de vue de la température. Le froid et le chaud, agissant sur elles, arrêteront leur marche à des limites plus ou moins distantes du centre de création, suivant la nature de la plante, et produiront dans l'intervalle et par leur action seule des races plus ou moins distinctes, alors même que d'autres causes n'interviendraient pas.

Dans le sens des parallèles, si l'on suppose d'ailleurs que le sol reste à peu près le même, les espèces issues du même habitat primitif continueront à s'éloigner de leur point de départ. Mais à un moment donné de leur voyage, ces mêmes espèces mettront, pour ainsi dire, le pied dans la sphère d'un autre centre de création; elles y rencontreront des espèces, différentes d'où une lutte nouvelle suivie comme la première d'une sélection naturelle, c'est-à-dire de l'élimination des plus fortes par les plus faibles. Ces dernières ayant péri, de légères variations se produiront chez les survivantes par suite du milieu nouveau auquel elles se trouveront soumises, l'hérédité les fixera, et il y aura là encore une formation de races nouvelles qui se consolideront peu à peu.

C'est ainsi que nous voyons les choses se passer à la surface du globe lorsqu'il s'agit des végétaux. Si les plantes qui n'ont pas la locomotion à leur service, et dont la dissémination est soumise à l'action d'agents naturels, tels que les vents et les insectes, accomplissent parfois des migrations considérables et des voyages remarquablement lointains, à fortiori devons-nous prévoir des déplacements et une extension géographique considérable pour les espèces animales douées de la faculté de se mouvoir.

Il semble donc que les animaux, qui sont à même de subir des actions plus nombreuses et plus complexes, devraient avoir produit aussi des races naturelles plus nombreuses encore. Cependant il n'en est pas ainsi, et sous ce rapport les deux règnes présentent un contraste d'autant plus frappant, qu'il était moins prévu. Cette anomalie s'explique d'ailleurs d'une manière très-simple et très-satisfaisante. Les plantes, attachées à la terre, sont plus impérieusement soumises aux actions directes du sol auquel elles adhèrent; aussi arrive-t-il de trouver, à quelques mètres de distance, deux, trois ou quatre races de plantains si différentes entre elles, qu'on a commencé, je vous l'ai dit, par en faire des espèces distinctes. Les animaux fixés paraissent tout d'abord devoir subir des causes de variation identiques. Il n'en est pas ainsi en réalité; car, le plus souvent aquatiques, ils vivent dans un milieu commun qui va les trouver, et qui reste identique pour tous.

Les animaux locomobiles peuvent d'un moment à l'autre et très-rapidement passer d'un milieu dans un autre, de manière à détruire certaines influences en se soumettant à des influences opposées. Les actions qu'ils subissent sont en outre plus variées et moins permanentes, et celles qu'ils pouvaient recevoir par l'entremise du sol ne s'exercent pas incessamment sur eux, comme cela arrive pour les végétaux.

Quant à la rapidité avec laquelle certains animaux peuvent parcourir un chemin considérable, elle est souvent très-grande : ainsi le tigre se trouve jusqu'en Sibérie. Les oiseaux voyageurs passent chaque moitié de l'année dans des régions extrêmement distantes; enfin, on sait, par les récits des voya-

geurs, que des navires ont été suivis par des requins d'un continent à l'autre, à travers tout l'Atlantique.

Parmi les espèces animales, celles qui joignent à des organes de locomotion énergique des armes naturelles redoutables, et une grande résistance vitale, auront, à la condition de trouver sur leur route la nourriture qui leur convient, bien plus de chances pour supporter les influences de milieux différents. Aussi pourront-elles aller plus loin que les végétaux, tout en présentant des races moins nombreuses, moins accusées, et qui ne seront bien distinctes qu'à de grandes distances. Leur aire d'habitat sera donc bien plus considérable. Il en est ainsi pour le lion, qui, sous Alexandre, existait en Macédoine, et qu'on retrouve aujourd'hui répandu dans toute l'Afrique, en Perse, etc.

Le chacal occupe, lui aussi, vous vous le rappelez, une aire fort étendue, et ses races ont été même prises pour des espèces. J'éprouve toutefois quelques scrupules à citer ici cette espèce comme exemple de dissémination naturelle, car il ne m'est nullement démontré que certaines races de chacals ne descendent pas de certains chiens domestiques redevenus libres. Je vous ai parlé de chiens orientaux vivant à demi-libres, et qui ressemblent déjà beaucoup au chacal. Certainement si on les amenait dans des contrées où ils fussent soumis au seul empire des conditions d'existence naturelles, ils ressembleraient bientôt assez au chacal pour qu'on les prît pour une race sauvage de cette espèce. Il est enfin évident que si, ayant trouvé en Amérique le chien des pampas, nous avions ignoré qu'il descendait de parents européens, nous l'aurions regardé comme le type d'une souche sauvage.

Quoi qu'il en soit et à ces différences près, tout ce qui s'est passé pour les végétaux s'est produit à fortiori dans l'histoire des espèces animales. Il me suffit, pour vous donner à propos de ces dernières un exemple de ces luttes dont nous avons signalé les résultats chez les plantes, de vous rappeler les chèvres et les chiens de Juan-Fernandez.

Tels sont donc les procédés et les agents naturels d'où résultent en dehors de toute action humaine ces modifications des types spécifiques qui constituent d'abord les variétés premières, puis les races sauvages.

L'intervention humaine introduit-elle quelque élément nouveau dans la formation des races? Au premier abord, on serait tenté de le croire.

En effet, dès que l'homme met la main sur une espèce, celle-ci semble s'ébranler. Les races apparaissent et se multiplient en dehors même de toute action volontaire, de toute violence exercée par l'homme, et comme par le seul fait d'un milieu spécial qui se créerait spontanément et forcément autour de lui. Ici les exemples abondent. Je citerai le dindon, qui, ayant cessé de bonne heure d'être regardé comme un oiseau d'ornement, n'a jamais, depuis qu'il est devenu oiseau de basse-cour, subi les caprices et les exigences de la mode. Cependant, bien qu'on ne lui ait demandé que sa chair, on a vu son plumage et sa taille varier. C'est ainsi que nous avons des dindons à la teinte uniforme, blancs, noirs, ou roussâtres, et des dindons tachetés, panachés, etc.

Le canard, plus ancien comme animal domestique, a subi des altérations plus considérables, puisqu'elles ont atteint non-seulement le plumage, mais la charpente osseuse elle-même, et que la courbure du bec s'est, pour ainsi dire, renversée; en même temps, le crâne et la face se sont modifiés profondément, sans que l'on puisse expliquer de pareils phénomènes par aucune action volontaire de l'homme.

Lorsque la tendance à se modifier qui se manifeste naturellement chez tout animal domestique vient à être encouragée par l'industrie humaine, les écarts n'ont, en quelque sorte, plus de limite. On peut dire qu'à chaque besoin de détail réel ou factice éprouvé par l'homme, ce seigneur de la création a su trouver une satisfaction, en pliant et modifiant comme à son gré les aptitudes de telle ou telle espèce. C'est ainsi qu'il a créé le bœuf de trait et la vache laitière; le chien d'arrêt, quand il a voulu que le gibier l'attende ; le chien courant et le lévrier, quand il a préféré le poursuivre; le terrier-rattier, lorsqu'il a désiré se débarrasser d'un animal incommode, etc. Les besoins ou la mode viennent-ils à changer, la race éprouve des changements correspondants à de nouvelles exigences. Notre cheval carrossier a remplacé le destrier de nos pères. En somme, l'homme pétrit aujourd'hui et modèle l'être vivant comme il façonne la matière brute. Étant donné un type, il se l'approprie et sait en tirer les dérivés extrêmes les plus différemment doués. Il a voulu de la graisse, et rien que de la graisse, la race des porcs Leicester a pris naissance; des muscles d'acier et point de graisse, il est arrivé au type du cheval anglais; il lui fallait tout à la fois de la graisse et des muscles, le bœuf durham est devenu à son gré l'animal de boucherie par excellence.

Est-ce à dire pour cela qu'il suffise à l'homme de vouloir, et qu'il exerce sur les animaux soumis à son empire je ne sais quelle action magnétique ? C'est ce que sembleraient supposer les naturalistes qui nient la variabilité de l'espèce et l'existence de races naturelles, tandis qu'ils sont bien obligés d'admettre la formation incessante de races domestiques nouvelles. Il est évident, en effet, qu'après avoir, à propos des espèces sauvages, refusé aux actions de milieu le pouvoir de transformer les types, ils ne peuvent le leur accorder par le seul fait qu'il s'agit d'animaux domestiques. Que reste-t-il alors pour expliquer la facilité avec laquelle les variétés apparaissent et les races se constituent dans les espèces que l'homme a réduites à le servir? La question est évidemment insoluble pour les hommes dont je parle ; aussi bien n'expliquent-ils pas le plus souvent cette contradiction de leurs opinions; ou, s'ils entrent dans les détails, ils reviennent immédiatement et forcément à des phénomènes que nous avons montré se rattacher directement au milieu et à l'hérédité.

C'est qu'en effet l'homme n'apporte aucun principe nouveau dans ce monde, dont il s'est fait le maître ; il ne dispose pas de procédés extraordinaires, ni qui soient distincts de ces deux forces naturelles. Seulement il les met souvent en jeu, même à son insu et d'une manière inconsciente ; son action rentre alors, pour ainsi dire, dans le domaine de ces forces naturelles et brutales qui se dirigent elles-mêmes *en obéissant* aux lois que leur impose leur essence même.

Quand, au contraire, l'homme agit sous l'empire de sa volonté, il ne fait qu'employer son intelligence à accroître et à diriger dans tel ou tel sens les actions du milieu et de l'hérédité. Le procédé qu'il met le plus volontiers en jeu, et qui lui réussit aussi le mieux, est la sélection. De là cette multiplicité de races domestiques si différentes entre elles.

ARM. ANGLIVIEL.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 44 — 3 OCTOBRE 1868

ASSOCIATION BRITANNIQUE

POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES.

SESSION DE NORWICH (1).

CONFÉRENCE DE M. HUXLEY (2)

(de la Société royale de Londres).

Un morceau de craie.

Si l'on creusait un puits au milieu de cette ville de Norwich, les ouvriers rencontreraient bientôt une substance blanche, trop tendre pour s'appeler roche, et qui nous est familière sous le nom de craie.

Non-seulement ici, mais dans toute l'étendue du comté de Norfolk, l'ouvrier pourrait descendre plusieurs centaines de pieds dans la craie sans en trouver le fond ; sur le bord de la mer, où les vagues ont rongé la côte qui leur fait face, des dunes élevées sont souvent entièrement formées de cette matière. En remontant vers le nord, on retrouve la craie jusque dans le Yorkshire ; sur la côte méridionale de l'Angleterre, elle reparaît tout à coup dans les baies pittoresques du comté de Dorset ; elle se déchiquète en aiguilles à l'île de Wight, tandis que sur les côtes du comté de Kent elle forme cette longue succession de dunes blanches qui ont valu à l'Angleterre le nom d'Albion.

Si l'on enlevait partout la mince couche de terre qui la recouvre, on apercevrait une bande courbe de craie blanche, bande plus ou moins large, s'étendant diagonalement à travers l'Angleterre, de Lulworth, dans le comté de Dorset, jusqu'à Flamborough-head, dans le Yorkshire, points distants l'un de l'autre de 280 milles à vol d'oiseau.

A partir de cette bande jusqu'à la mer, du nord à l'est, et jusqu'à la Manche, au sud, la craie disparaît cachée sous d'autres dépôts épais ; mais sauf dans le Weald de Kent et de Sussex, elle forme la base de tous les comtés du sud-est.

La craie, en Angleterre, atteint dans quelques endroits une épaisseur de plus de mille pieds ; on peut donc la considérer comme formant une masse immense. Quelle que soit cependant l'étendue de la craie en Angleterre, elle ne forme qu'une partie insignifiante des couches de craie du globe, couches qui ont exactement les mêmes caractères généraux que les nôtres, et qui se trouvent en parties détachées, les unes plus petites, les autres plus grandes que celles de l'Angleterre.

On trouve la craie dans le nord-ouest de l'Irlande ; elle s'étend sur une grande partie de la France, la couche de craie située au-dessous du bassin de Paris n'étant en somme qu'une continuation de celle du bassin de Londres ; elle traverse le Danemark et l'Europe centrale, et s'étend au sud jusqu'à la partie septentrionale de l'Afrique ; à l'est, on la retrouve en Crimée et en Syrie, et jusque sur les côtes de la mer d'Aral, dans l'Asie centrale.

Si l'on circonscrivait tous les points où se trouve la véritable craie, on obtiendrait un ovale irrégulier dont le plus long diamètre serait d'environ 3000 milles ; la superficie en serait à peu près aussi grande que celle de l'Europe et excéderait de beaucoup la plus grande mer intérieure existant aujourd'hui, la Méditerranée.

Ainsi la craie forme un élément important de la croûte terrestre, et elle imprime un cachet particulier, variant avec les conditions auxquelles elle est exposée, à l'aspect des districts où elle se trouve. Les collines ondulatoires, les sommets arrondis couverts d'un épais gazon de nos districts crayeux, à l'intérieur des terres, ont un aspect gracieux, domestique, suggérant l'élevage des bestiaux, mais qui n'a rien de beau ni de grandiose. Le long de nos côtes méridionales, au contraire, les dunes taillées à pic, ayant plusieurs centaines de pieds de hauteur, avec leurs bastions, leurs immenses aiguilles entourées par les vagues, assez aiguës et assez solitaires pour servir de reposoir au craintif cormoran, impriment à nos caps une beauté et une grandeur étonnantes. En Orient, la craie joue aussi son rôle dans la formation de quelques-unes des chaînes de montagnes les plus vénérables, le Liban par exemple. Quelle est cette matière si répandue, entrant pour une si large part dans la composition de la surface de la terre ? et d'où provient-elle ?

Vous pensez peut-être que ce n'est pas là une recherche bien importante. Il est naturel que vous supposiez qu'essayer de résoudre de tels problèmes ne peut avoir d'autre résultat que de vous plonger dans de vagues spéculations qu'il est impossible de réfuter ou de vérifier.

S'il en était ainsi, j'aurais choisi pour cette conférence un autre sujet qu'« un morceau de craie ». Mais, en vérité, après y avoir beaucoup réfléchi, il m'a été impossible de trouver un sujet qui me permît de vous prouver plus clairement sur quelles bases solides reposent quelques-unes des conclusions les plus étonnantes des sciences physiques.

Un grand chapitre de l'histoire du monde est écrit dans la craie. Il est bien peu de passages dans l'histoire de l'homme qu'on puisse entourer de preuves directes et indirectes aussi convaincantes que celles qui témoignent de la vérité du frag-

(1) Voyez dans le numéro du 5 septembre 1868, page 633, le discours inaugural de M. J. D. Hooker.

(2) Voyez dans le numéro du 12 septembre, page 649, un article de M. Huxley.

ment de l'histoire de notre globe, que j'espère vous faire, ce soir, toucher, pour ainsi dire, du doigt.

Permettez-moi d'ajouter que bien peu de chapitres de l'histoire humaine ont une signification plus profonde pour nous-mêmes. J'affirme, et je ne le fais pas à la légère, que l'homme qui connaîtrait la vraie histoire du morceau de craie que chaque charpentier porte dans sa poche, en admettant même qu'il ignorât toute autre histoire, se fera, s'il veut pousser son savoir à ses dernières conséquences, une idée plus juste, et par conséquent meilleure, de cet étonnant univers et de ses relations avec l'homme, que le plus grand savant qui, bornant ses études aux annales de l'humanité, néglige celles de la nature.

La langue que nous parle la craie n'est pas difficile à apprendre, bien moins difficile que le latin, pour celui tout au moins qui se contente des traits principaux de l'histoire qu'elle peut nous raconter. Essayons donc d'épeler ensemble cette histoire.

Nous savons tous que, si nous brûlons de la craie, nous obtenons de la chaux vive. La craie, en un mot, est un composé de gaz acide carbonique et de chaux, et quand vous la portez à une haute température, le gaz acide carbonique se dégage et la chaux reste.

En procédant ainsi, nous voyons la chaux, mais nous ne voyons pas l'acide carbonique. Si, au contraire, on réduit en poudre un peu de craie et qu'on jette cette poudre dans une assez grande quantité de fort vinaigre, on remarque d'abord une forte ébullition et la formation de globules de gaz, puis le liquide redevient transparent, et l'on n'aperçoit plus trace de la craie. Dans ce cas, vous voyez l'acide carbonique ; la chaux, au contraire, dissoute dans le vinaigre, n'est plus perceptible. Il y a beaucoup d'autres moyens de prouver que la craie n'est, en somme, qu'un composé d'acide carbonique et de chaux. Les chimistes énoncent le résultat de toutes les expériences qui le prouvent, en disant que la craie est presque entièrement composée de « carbonate de chaux ».

Il est désirable que nous partions de ce fait, bien qu'il ne paraisse pas nous aider beaucoup à arriver au but que nous nous proposons d'atteindre. En effet, le carbonate de chaux est une substance très-répandue, et il se rencontre dans des conditions très-diverses. Toutes les pierres à chaux sont composées de carbonate de chaux plus ou moins pur. Les dépôts, sous forme de stalagmites et de stalactites, que laissent après elles les eaux qui ont traversé des couches de roches à chaux, sont du carbonate de chaux. Ou, pour prendre un exemple plus familier, le dépôt qu'on remarque si souvent à l'intérieur d'une bouilloire est du carbonate de chaux ; et si l'on consultait la chimie seule, on pourrait en arriver à la conclusion que la craie est une sorte d'immense dépôt fait sur la bouilloire terrestre, qui reste encore assez chaude.

Essayons d'une autre méthode pour lire l'histoire de la craie. A l'œil nu, la craie paraît être tout simplement une sorte de pierre au grain grossier. Mais il est possible de couper la craie en une tranche assez mince pour que l'on puisse voir à travers, et même assez mince pour pouvoir l'étudier au microscope. On pourrait se procurer facilement une tranche très-mince du dépôt formé dans une bouilloire. Si l'on examine cette dernière tranche au microscope, on reconnaît une substance minérale laminée plus ou moins distinctement, et rien de plus.

Une tranche de craie placée sous le microscope présente un aspect tout différent. La masse générale consiste en granules très-petits ; puis, ensevelis dans cette matrice, on distingue des corps en quantité innombrable, les uns plus petits, les autres plus grands, n'ayant guère en moyenne qu'un centième de pouce en diamètre et ayant toutefois une forme et une structure bien définies. Un pouce cube de quelques spécimens de craie peut bien contenir des centaines de mille de ces corps enfermés dans d'incalculables millions de granules.

L'examen d'une tranche de craie transparente donne une idée assez exacte de la manière dont sont disposés les matériaux qui forment la craie et de leurs proportions relatives. Mais si l'on frotte dans l'eau un peu de craie avec une brosse et qu'on transvase le liquide laiteux de façon à obtenir des dépôts de différents degrés de finesse, on parvient à séparer les uns des autres les granules et les petits corps arrondis, et l'on peut les soumettre à l'examen microscopique, soit comme objets opaques, soit comme objets transparents. En combinant les vues obtenues par ces différentes méthodes, on peut prouver que chacun de ces corps ronds est un corps calcaire admirablement construit, composé d'un certain nombre de cellules communiquant librement l'une avec l'autre. Ces corps à cellules affectent différentes formes. L'un des plus communs ressemble un peu à une framboise, et est composé d'un certain nombre de cellules presque globulaires, de différentes grandeurs et réunies ensemble. On l'appelle *Globigerina*, et quelques spécimens de craie se composent presque entièrement de *Globigerinæ* et de *granules*.

Examinons la *Globigerina*. C'est la piste du gibier que nous chassons. Si nous pouvons comprendre ce qu'elles sont et quelles sont les conditions de son existence, nous comprendrons aussi l'origine et l'histoire ancienne de la craie.

Une explication qui se présente assez naturellement, c'est que ces corps curieux résultent de quelque agrégation produite dans le carbonate de chaux ; que, de même qu'en hiver l'eau gelée sur nos carreaux simule les feuillages les plus délicats et les plus élégants, ce qui prouve que le plus simple minéral, l'eau, peut, placée dans de certaines conditions, affecter la forme extérieure de corps organiques, de même cette substance minérale, le carbonate de chaux, caché dans les entrailles de la terre, a revêtu la forme de ces corps à cellules. Je n'élève pas ici une objection illusoire ou déraisonnable. Des hommes très-savants, à une autre époque il est vrai, ont même émis l'opinion que tous les corps trouvés dans les rochers sont de cette nature ; et si l'on n'accepte plus à présent une semblable explication, c'est que des exemples nombreux et variés nous ont prouvé que les matières minérales n'affectent jamais la forme et la structure que nous remarquons dans les fossiles. Si l'on essayait de vous persuader qu'une écaille d'huître (composée aussi principalement de carbonate de chaux) n'est que le résultat de la cristallisation de l'eau de mer, vous repousseriez, j'en suis sûr, cette explication comme une absurdité. Et vous auriez raison, car toute notre expérience tend à prouver que les écailles d'huîtres sont formées par les huîtres, et pas autrement. En l'absence de toute raison meilleure, ne serions-nous pas autorisés, en nous basant sur cet exemple, à croire que la *Globigerina* ne peut être que le produit de l'activité vitale?

Heureusement, cependant, nous avons de meilleurs témoignages que ceux de l'analogie pour prouver la nature organique des *Globigerinæ*. Il se trouve que des squelettes calcaires, ressemblant exactement aux *Globigerinæ* de la craie,

piques, qui existent en quantités littéralement plus considérables que les grains de sable de la mer, sur une grande partie de la surface de la terre couverte par l'Océan.

L'histoire de la découverte de ces *Globigerinæ* vivantes et du rôle qu'elles jouent dans la formation des roches est assez singulière. C'est une découverte qui, comme bien d'autres ayant une importance scientifique aussi remarquable, provient incidemment d'une œuvre entreprise dans un but tout pratique.

Les premiers navigateurs comprirent bien vite la nécessité d'étudier la position des rochers et des écueils, et, à mesure que le tonnage des vaisseaux devint plus considérable, il devint plus essentiel de connaître la profondeur des mers fréquentées. Cette nécessité répandit bien vite l'emploi de la sonde; de là provient la science de l'hydrographie, c'est-à-dire le relevé de la forme des côtes et la publication des cartes indiquant la profondeur de la mer.

Il devint en même temps désirable de connaître et d'indiquer la nature du fond de la mer, puisque c'est là un point fort intéressant pour savoir si l'ancre peut trouver ou non à se fixer. Quelque matelot ingénieux, dont le nom méritait certainement mieux que l'oubli dans lequel il est enseveli, eut l'idée d'étudier ces fonds en armant la partie inférieure du plomb d'un morceau de graisse, auquel adhéraient le sable, la boue ou les coquilles brisées formant le fond de la mer et qui se trouvaient ainsi ramenés à la surface. Mais quelque suffisant que fût cet appareil dans le simple but maritime, on ne pouvait rien en espérer au point de vue de la science, surtout quand les sondages se faisaient à de grandes profondeurs. Pour remédier à ces défauts, le lieutenant Brooke, de la marine américaine, inventa, il y a quelques années, un appareil fort ingénieux, au moyen duquel il peut ramener à la surface une portion considérable du lit de la mer, et cela quelle que soit la profondeur à laquelle descende le plomb.

En 1853, le lieutenant Brooke, au moyen de son appareil, ramena à la surface de la boue du fond de l'océan Atlantique, dans un sondage fait entre Terre-Neuve et les Açores, à une profondeur de plus de 10 000 pieds ou 2 milles. On envoya les spécimens à Ehrenberg (de Berlin) et à Bailey (de West-Point), pour qu'ils les examinassent. Ces habiles microscopistes découvrirent que cette boue provenant d'une si grande profondeur était presque entièrement composée des squelettes d'organismes vivants, et que la plus grande partie ressemblait exactement aux *Globigerinæ* de la craie.

Jusqu'alors cette méthode de sondage avait été uniquement employée dans les intérêts de la science; mais bientôt la méthode inventée par le lieutenant Brooke acquit une grande valeur commerciale, quand on entreprit de poser le câble télégraphique qui relie la Grande-Bretagne aux États-Unis. Il devint alors excessivement important de connaître, non-seulement la profondeur de l'Océan sur toute la route que devait suivre le câble, mais aussi la nature exacte du fond, pour éviter le bris ou l'endommagement de ce câble si dispendieux. En conséquence, l'Amirauté ordonna au capitaine Dayman, un de mes vieux amis, qui avait été aussi mon camarade de vaisseau, de reconnaître les profondeurs sur toute la route que devait suivre le câble, et de rapporter des spécimens du fond. Il n'y a pas longtemps encore, un ordre semblable aurait beaucoup ressemblé à l'un de ces actes impossibles que le

tenir la main de la princesse. Quoi qu'il en soit, mon ami accomplit la tâche qui lui était assignée avec beaucoup de rapidité et de précision, pendant les mois de juin et de juillet 1857, et je ne sache pas qu'il ait obtenu de récompense. On m'envoya, pour les examiner et pour faire un rapport, les spécimens de la boue de l'Atlantique (1).

Le résultat de toutes ces opérations est que nous connaissons les contours et la nature du fond de l'Atlantique du nord sur une étendue de 1700 milles de l'est à l'ouest, aussi bien que nous connaissons ceux de n'importe quelle partie de la terre ferme.

C'est une plaine prodigieuse, une des plaines les plus étendues et les plus unies qui soient au monde. Si la mer se retirait, on pourrait aller en voiture de Valentia, en Irlande, jusqu'à la baie de la Trinité, à Terre-Neuve. Et, sauf une côte un peu roide à environ 200 milles de Valentia, je ne sais même pas s'il serait nécessaire de serrer les freins, tant les montées et les descentes sont douces tout le long de cette route. En partant de Valentia, on irait en descendant pendant environ 200 milles, jusqu'à un point où le fond est maintenant recouvert de 1700 brasses d'eau de mer. Puis viendrait la plaine centrale, large de plus de 1000 milles; les inégalités de la surface en seraient à peine perceptibles, bien que la profondeur de l'eau varie actuellement de 10 000 à 15 000 pieds et qu'il y ait des endroits où l'on pourrait enfouir le Mont-Blanc sans qu'il dépassât la surface de l'eau. Au delà commence la montée vers la côte américaine, qui, au bout de 300 milles, vous conduit graduellement jusqu'à la côte de Terre-Neuve.

La surface presque entière de cette plaine centrale (qui a des centaines de milles dans la direction du nord au sud) est couverte d'une boue fine qui, quand elle est amenée à la surface et séchée, est une substance friable blanc grisâtre. On peut s'en servir pour écrire sur le tableau noir, et à l'œil nu elle ressemble exactement à de la craie grisâtre, très-molle. A l'analyse chimique, on reconnaît qu'elle est presque entièrement composée de carbonate de chaux. Si l'on en fait une section semblable à celle que nous avons indiquée pour la craie, et qu'on la place sous le microscope, on reconnaît la présence d'innombrables *Globigerinæ* ensevelies dans une matrice granulaire.

Ainsi cette boue du fond de l'Atlantique est substantiellement de la craie. Je dis substantiellement, parce qu'il y a bien des différences peu importantes; mais comme ces différences ne portent pas sur la question qui nous occupe actuellement, c'est-à-dire la nature des *Globigerinæ* de la craie, il est inutile d'en parler.

Des *Globigerinæ* de toutes les grandeurs, depuis les plus petites jusqu'aux plus grandes, se trouvent dans cette boue de l'Atlantique, et les cellules de beaucoup d'entre elles sont remplies d'une molle matière animale. Cette substance molle est, en somme, ce qui reste de la créature à laquelle la coquille ou plutôt le squelette de la *Globigerina* doit son existence. C'est un animal excessivement simple. Ce n'est, en un mot, qu'une particule de gelée vivante, sans aucune par-

(1) Voyez l'appendice à l'ouvrage du capitaine Dayman, *Sondages dans les parties profondes de l'océan Atlantique entre l'Irlande et Terre-Neuve, faits sur le vaisseau de Sa Majesté* Cyclops. Publié par ordre des lords commissaires de l'Amirauté, 1858. Ces sondages ont fait depuis le sujet d'un savant mémoire de MM. Parker et Jones, mémoire publié dans les *Philosophical Transactions* de 1865.

tie définie, sans bouche, sans nerfs, sans muscles, sans organes distincts, et ne manifestant sa vitalité, à l'observation ordinaire, que par l'extension et la contraction de filaments qui lui servent de bras et de jambes. Cependant cette particule amorphe, privée de ce que, dans les animaux d'un ordre plus élevé, nous appelons des organes, est capable de sentir, de croître et de multiplier; de séparer de l'Océan la petite proportion de carbonate de chaux que l'eau de mer tient en solution; de se faire un squelette de cette substance, et cela sur un modèle qui ne peut être imité par aucun autre moyen connu.

Les animaux peuvent-ils vivre et se multiplier dans les grandes profondeurs d'où des *Globigerinæ*, apparemment vivantes, ont été rapportées? Cela ne s'accorde guère avec nos idées habituelles sur les conditions de la vie animale; et il n'est pas absolument impossible, comme on pourrait le croire d'abord, que les *Globigerinæ* vivent et meurent au fond de la mer où on les trouve.

Comme je viens de le dire, la boue prise dans la grande plaine océanique consiste presque entièrement en *Globigerinæ*, avec les granules dont j'ai parlé, et quelques autres coquilles calcaires; mais une petite partie de la boue crayeuse, tout au plus peut-être 5 pour 100, est d'une nature différente, et consiste en coquilles et en squelettes composés de silex pur. Ces corps siliceux appartiennent en partie à ces organismes végétaux inférieurs qu'on appelle *Diatomaceæ*, et en partie à ces petits animaux excessivement simples, appelés *Radiolariæ*. Il est certain que ces créatures ne vivent pas au fond de l'Océan, mais à la surface, où l'on peut s'en procurer un nombre prodigieux en se servant d'un filet construit dans ce but. Il s'ensuit donc que ces organismes siliceux, bien qu'ils soient aussi légers que la poussière la plus légère, ont dû, dans quelques cas, traverser quinze mille pieds d'eau, avant d'arriver à leur lieu de repos définitif sur le lit de l'Océan. Si l'on considère quelle large surface possèdent ces corps, proportionnellement à leur poids, il est probable qu'il se passe un temps très-long avant qu'ils arrivent au fond de l'Atlantique.

Puisque si les *Radiolariæ* et les Diatomées pleuvent ainsi de la surface de la mer où elles vivent jusque dans ses plus grandes profondeurs, il paraît très-possible que les *Globigerinæ* puissent aussi provenir des couches supérieures; s'il en était ainsi, il serait beaucoup plus facile de comprendre comment elles se procurent leur nourriture. Néanmoins toutes les preuves positives et négatives tendent à établir le contraire. Les squelettes des *Globigerinæ* trouvés au fond de la mer sont si solides, si remarquablement lourds proportionnellement à leur grandeur, qu'ils semblent peu faits pour flotter, et, en fait, on ne les trouve jamais avec les Diatomées et les *Radiolariæ* dans les couches supérieures de l'Océan.

On a remarqué, en outre, que le nombre des *Globigerinæ*, proportionnellement aux autres organismes d'une espèce semblable, va en augmentant avec la profondeur de la mer. Les *Globigerinæ* qui vivent dans de grandes profondeurs sont plus grandes que celles qui vivent dans les mers peu profondes, et ces faits écartent la supposition que ces organismes sont entraînés par des courants des parties peu profondes de l'Atlantique.

Il semble donc à peu près prouvé que ces créatures étonnantes vivent et meurent dans les profondeurs où on les trouve (1).

Quoi qu'il en soit, le point important pour nous c'est que les *Globigerinæ* vivantes sont exclusivement des animaux marins dont les squelettes se trouvent en abondance au fond des mers profondes, et qu'il n'y a aucune raison de penser que les habitudes des *Globigerinæ* de la craie différaient de celles des espèces vivantes. Mais, si cela est vrai, on ne peut éviter d'arriver à cette conclusion que la craie elle-même est la boue desséchée d'une ancienne mer profonde.

En étudiant les spécimens provenant des sondages opérés par le capitaine Dayman, je fus surpris de voir qu'une grande partie de ce que j'ai appelé des « granules » n'est pas, comme on serait tout d'abord tenté de le croire, une simple poudre de simples débris provenant des *Globigerinæ*, mais qu'ils ont une forme et une grandeur définies. Je les appelai des *Coccolithes*, et pensai qu'ils pourraient être d'une nature organique. Le docteur Wallich vérifia mon observation, et y ajouta l'intéressante découverte qu'assez souvent des corps semblables à ces *Coccolithes* se groupent en sphéroïdes qu'il appelle des *Coccosphères*. Autant que nous pouvons le savoir, ces corps, dont la nature est très-étonnante et très-problématique, ne se trouvent que dans les sondages de l'Atlantique.

Mais, il y a quelques années, M. Sorby, en étudiant attentivement de minces sections de craie, observa, comme Ehrenberg l'avait fait avant lui, qu'une grande partie de cette base granulaire possède une forme définie. En comparant ces corps microscopiques avec ceux provenant des sondages de l'Atlantique, il remarqua qu'ils sont identiques, et il prouva ainsi que la craie, de même que la boue de l'Océan, contient ces corps mystérieux, les Coccolithes et les Coccosphères. Voilà donc une nouvelle preuve fort intéressante de l'identité essentielle de la craie avec la boue moderne de l'Océan. Les *Globigerinæ*, les *Coccolithes* et les *Coccosphères* en sont les principaux constituants, et prouvent la similitude générale des conditions dans lesquelles elles ont été formées (1).

Les coups de pioche, les façades, les superpositions que nous remarquons sur les pyramides sont autant de preuves que ces édifices ont été bâtis par l'homme. Eh bien! ces preuves ne sont pas plus concluantes que celles qui nous permettent d'affirmer que la craie a été bâtie par les *Globigerinæ*. Notre conviction que les constructeurs des pyramides étaient des créatures terrestres respirant l'air comme nous, ne repose pas sur des bases plus solides que la conviction que les constructeurs de la craie vivaient dans la mer.

Mais de même que nous pouvons affirmer que les hommes ont bâti les pyramides, en nous appuyant non-seulement sur les preuves que nous fournissent les pyramides elles-mêmes, mais aussi sur une foule de preuves collatérales, confirmées

(1) Pendant le voyage de H. M. S. *Bulldog*, commandé par sir Leopold M'Clintock, en 1860, entre le cap Farewell dans le Groenland, et les écueils de Rockall, on trouva des étoiles de mer attachées à la partie inférieure de la sonde dans douze cent soixante brasses d'eau. Le docteur Wallich s'assura que le fond de la mer était dans cet endroit formé de la boue ordinaire composée de *Globigerinæ*, et que les estomacs des étoiles de mer étaient pleins de *Globigerinæ*. Cette découverte prouve l'existence de *Globigerinæ* vivantes à de grandes profondeurs, et met fin aux objections basées sur la difficulté de concevoir la vie animale possible dans de telles conditions. C'est actuellement à ceux qui ne veulent pas accepter l'opinion que les *Globigerinæ* vivent et meurent où on les trouve, de prouver le contraire.

(1) J'ai récemment étudié le développement des Coccolithes depuis un diamètre de $\frac{1}{7000}$ de pouce jusqu'à leur plus grande taille (qui est environ $\frac{1}{1000}$ de pouce), et je ne doute plus qu'ils ne soient produits par des organismes indépendants qui, comme les *Globigerinæ*, vivent et meurent au fond de la mer.

par l'absence complète de toute raison à une croyance contraire ; de même aussi la preuve que nous fournissent les *Globigerinæ* que la craie est l'ancien lit d'une mer, est fortifiée par d'innombrables preuves indépendantes, et notre croyance à cette vérité de conclusion qu'indiquent tous les témoignages positifs reçoit une nouvelle force du fait qu'aucune autre hypothèse ne se présente.

Examinons brièvement, ce ne sera pas du temps perdu, quelques-unes de ces preuves collatérales qui nous permettent d'affirmer avec plus de force encore que la craie a été déposée au fond de la mer.

Nous avons vu que la grande masse de la craie est composée de squelettes de *Globigerinæ* et d'autres organismes simples ensevelis dans une matière granulaire. Çà et là, cependant, cette boue durcie d'une ancienne mer présente les restes d'animaux d'un ordre plus élevé, qui ont vécu, qui sont morts, et ont laissé leurs ossements dans la boue, de même que les huîtres vivent, meurent et laissent après elles leurs écailles dans la boue des mers actuelles.

Il existe à notre époque certains groupes d'animaux qui ne se trouvent jamais dans l'eau douce, car ils ne peuvent vivre que dans la mer. Tels sont les coraux ; ces corallines qu'on appelle des *Polyzoa ;* ces créatures qu'on appelle les *Brachiopoda ;* le *Nautilus* à l'enveloppe de perle, et tous les animaux de la même famille ; enfin toutes les variétés d'oursins et d'étoiles de mer.

Non-seulement toutes ces créatures habitent aujourd'hui l'eau salée, mais aussi loin que remontent nos archives du passé, leur existence a été la même ; donc leur présence dans un dépôt est une preuve aussi concluante que possible que ce dépôt a été formé dans la mer. Or, les restes des animaux de toutes les espèces que nous avons énumérées se trouvent plus ou moins abondamment dans la craie, tandis qu'on n'y a pas encore trouvé une seule de ces variétés de coquillages qui caractérisent les eaux douces.

Les preuves collatérales indiquant que la craie représente le lit d'une ancienne mer acquièrent autant de force que la preuve tirée de la nature de la craie elle-même, quand on considère qu'on a découvert dans les fossiles de la craie les restes de plus de 3000 espèces distinctes d'animaux aquatiques ; que la grande majorité de ces espèces se rencontrent aujourd'hui dans la mer, et dans la mer seulement, et qu'il n'y a aucune raison de croire qu'aucune d'elles ait jamais habité l'eau douce. Je crois que vous serez tout disposés maintenant à admettre que je n'ai rien exagéré en affirmant que nous avons tout autant de raison pour croire que l'immense étendue de terre occupée actuellement par la craie était autrefois au fond de la mer, que pour croire à quelque point d'histoire que ce soit, tandis qu'aucune preuve n'existe pour une autre hypothèse.

Il n'est pas moins certain que le temps pendant lequel les pays que nous appelons aujourd'hui le sud-est de l'Angleterre, la France, l'Allemagne, la Pologne, la Russie, l'Égypte, l'Arabie, la Syrie, ont été plus ou moins complétement couverts par une mer profonde, a été extrêmement long.

Nous avons déjà vu que la craie, dans quelques endroits, a plus de mille pieds d'épaisseur. Je pense que vous conviendrez avec moi qu'il a fallu quelque temps pour que des squelettes d'animalcules n'ayant qu'un centième de pouce de diamètre forment une semblable masse. Je vous ai dit qu'on trouve répandus dans toute l'épaisseur de la craie les restes d'autres animaux. Ces restes sont quelquefois admirablement conservés. Les valves des coquillages sont ordinairement adhérentes ; les longues épines de quelques-unes, que le moindre choc suffit à détacher, restent souvent à leur place. En un mot, il est certain que ces animaux ont vécu et sont morts alors que l'emplacement qu'ils occupent aujourd'hui formait la surface de la race déposée précédemment ; chacun de ces débris a été subséquemment recouvert par les squelettes des *Globigerinæ*, au-dessus desquels d'autres animaux ont vécu, sont morts et ont été ensevelis à leur tour. Quelques-uns de ces restes prouvent l'existence, dans la mer où s'est formée la craie, de reptiles atteignant une taille considérable. Ces reptiles ont vécu, ont eu leurs ancêtres et leur postérité, ce qui assurément implique un long espace de temps, les reptiles croissant lentement.

Il y a une preuve plus curieuse encore que l'ensevelissement de ces restes, ou, en d'autres termes, le dépôt des *Globigerinæ*, se fit très-lentement. On peut démontrer qu'un animal de la mer crétacée est mort, que son squelette est resté assez longtemps découvert au fond de la mer pour perdre tous ses organes extérieurs par putréfaction ; et qu'après tout le temps nécessaire pour que cela s'accomplit, un autre animal est venu à son tour s'attacher au squelette mis à nu, s'est développé, et est mort à son tour avant que la boue calcaire ait enseveli le tout.

Sir Charles Lyell décrit admirablement quelques-uns de ces faits. Il dit que les géologues trouvent fréquemment dans la craie un fossile auquel est attachée la coquille inférieure d'un *Crania*, qui est une espèce de coquillage composé de deux morceaux, dont l'une des valves, comme chez l'huître, est fixe et l'autre mobile.

« La valve supérieure est presque toujours absente, bien » que quelquefois on la retrouve admirablement conservée à » quelque distance dans la craie. Ceci nous prouve clairement » que l'oursin de mer a d'abord vécu depuis sa jeunesse jus- » qu'à sa vieillesse ; puis, après sa mort, a perdu ses épines, qui » ont été emportées. Puis le jeune *Crania* est venu s'atta- » cher au squelette mis à nu, a vécu et est mort à son tour ; » après quoi la valve supérieure s'est séparée de la valve in- » férieure avant que l'*Echinus* ait été recouvert par la boue » crayeuse (1). »

Un spécimen qui se trouve au musée de géologie pratique indique un espace de temps plus long encore entre la mort d'un oursin de mer et son ensevelissement par les *Globigerinæ*. Car la surface extérieure de la valve d'un *Crania* attaché à un oursin de mer (*Micraster*) est elle-même recouverte d'un corail qui s'étend sur la surface de l'oursin. Il s'ensuit que, après que la valve supérieure du *Crania* s'est trouvée détachée, la surface de la valve fixe est restée assez longtemps exposée pour que le corail pût croître, car les coraux ne sauraient croître dans la boue.

Les progrès de la science peuvent un jour nous mettre à même de déduire de semblables faits la vitesse maximum de l'accumulation de la craie, et nous permettre ainsi de fixer la durée minimum de la période de la craie.

Supposons que la valve du *Crania* sur laquelle un corail s'est attaché, comme nous venons de le dire, est fixée à l'oursin de mer de telle façon qu'aucune partie de cette valve ne

(1) *Éléments de géologie,* par sir Charles Lyell, Bart. F. R. S., p. 23.

soit élevée de plus d'un pouce au-dessus de la boue sur laquelle cet oursin repose. Or, comme le corail n'aurait pu s'attacher au *Crania* si ce dernier avait été recouvert par la craie, et n'aurait pas pu vivre s'il avait été recouvert lui-même, il s'ensuit qu'un pouce de craie n'a pas pu se déposer dans le temps qui s'est écoulé entre la mort et la putréfaction des parties molles de l'oursin et la croissance du corail jusqu'à l'état où nous le retrouvons. Si l'on compte un an (ce qui est une estimation bien au-dessous de la vérité) pour la putréfaction de l'oursin, la croissance et la mort du *Crania*, et la croissance subséquente du corail, l'accumulation d'un pouce de craie a dû nécessiter plus d'un an, et un dépôt de craie de mille pieds d'épaisseur a dû conséquemment occuper plus de douze mille ans.

La base de tous ces calculs est, bien entendu, l'espace de temps qu'il faut à un *Crania* et à un corail pour se développer entièrement, et sur ce point des connaissances exactes nous font défaut.

Mais il y a des circonstances qui tendent à prouver qu'un pouce de craie ne peut pas se déposer pendant la vie d'un *Crania ;* et quelle que soit la durée qu'on assigne à cette existence, la période crayeuse doit avoir une étendue beaucoup plus considérable que celle que nous venons d'évaluer grossièrement.

Ainsi, il est non-seulement certain que la craie est la boue d'une ancienne mer, mais il n'est pas moins certain que cette mer où s'est produite la craie a existé pendant une période excessivement longue, bien que nous ne puissions estimer d'une manière précise en nombre d'années la longueur de cette période. La durée relative est claire, bien que la durée absolue soit indéfinissable. On se trouve arrêté par des difficultés de la même espèce, si l'on veut essayer d'assigner une date spéciale au commencement et à la fin de l'existence de cette mer. Mais on peut déterminer aussi facilement, et avec autant de certitude que nous avons prouvé la longue durée de cette période, l'âge relatif de l'époque crétacée.

Vous avez certainement entendu parler des découvertes intéressantes, faites récemment dans différentes parties de l'Europe occidentale, d'instruments de silex travaillés par la main de l'homme, et dans des circonstances telles qu'elles prouvent que l'homme a habité ces régions depuis un temps fort considérable.

On a prouvé que les vieux habitants de l'Europe, dont l'existence nous a été révélée de cette façon, étaient des sauvages ressemblant aux Esquimaux de notre époque ; que dans le pays qui s'appelle aujourd'hui la France, ils chassaient le renne et qu'ils coudoyaient habituellement le mammouth et le bison. La géographie physique de la France était alors très-différente de ce qu'elle est aujourd'hui : la Somme, par exemple, a depuis lors creusé son lit d'une centaine de pieds, et il est probable que le climat ressemblait plus alors à celui du Canada et de la Sibérie qu'à celui de l'Europe occidentale.

Les traditions des plus vieilles nations historiques ne mentionnent même pas l'existence de ces peuples. Leur souvenir avait entièrement disparu jusque dans ces dernières années ; et d'après les changements qui se sont accomplis, depuis le temps où ils existaient, il est plus que probable que quelque vénérables que soient pour nous quelques nations historiques, les peuples qui taillaient le silex à Hoxne et à Amiens sont à ces nations, au point de vue de l'antiquité, ce que ces dernières sont à nous-mêmes.

Mais si nous assignons à ces vénérables reliques de longues générations d'hommes disparues l'antiquité la plus reculée qu'on puisse réclamer pour elles, elles ne sont pas plus vieilles que l'époque du diluvium, qui, comparé à l'époque de la craie, n'est qu'un dépôt tout jeune encore. Il est inutile, pour vous convaincre de la vérité de ce fait, d'aller plus loin que vos propres côtes. Dans un des plus charmants endroits de la côte de Norfolk, vous verrez l'argile formant une vaste masse qui repose sur la craie, et qui, par conséquent, a dû être déposée après elle. D'immenses blocs de craie sont, il est vrai, mêlés à l'argile, et ils ont été évidemment apportés à la place qu'ils occupent actuellement par la même force qui a planté à leur côté des blocs de syénite de Norvége.

La craie est donc certainement plus ancienne que l'argile. Si vous me demandez de combien elle est plus ancienne, je vous conduirai au même endroit pour vous répondre. Je vous ai dit que le diluvium et l'argile reposaient sur la craie. Ce n'est pas parfaitement exact.

Entre la craie et le diluvium se trouve une couche comparativement insignifiante contenant des matières végétales. Mais cette couche raconte une histoire étonnante. Elle est pleine de troncs d'arbres debout, dans la position où ils ont poussé. On y trouve des pins avec leurs cônes, des noisetiers avec leurs noisettes, des troncs de chênes et d'ifs, de hêtres et d'aunes. Aussi a-t-on avec raison appelé cette couche la « couche forestière ».

Il est évident que la craie a dû être soulevée et convertie en terre sèche avant que les arbres forestiers aient pu croître dessus. Comme les troncs de ces arbres ont de deux à trois pieds de diamètre, il n'est pas moins évident que la terre sèche ainsi formée est restée dans la même condition pendant une longue période.

Les restes de chênes et de pins magnifiques ne sont pas les seules preuves de cette longue durée, nous en avons encore un témoignage : ce sont les restes nombreux d'éléphants, de rhinocéros, d'hippopotames et d'autres grandes bêtes fauves qui y ont été trouvés par des observateurs tels que le Rév. M. Gunn.

Quand on considère une collection semblable à celle qu'il a formée, et qu'on pense que ces ossements portaient leurs possesseurs dans ces forêts, et que ces grands herbivores se reposaient à l'ombre de ces arbres épais, dont la couche forestière est à présent la seule trace, il est impossible de ne pas sentir qu'il y a là un témoignage aussi concluant d'une longue période que les anneaux annuels des troncs d'arbres.

Ainsi il y a une inscription sur les dunes perpendiculaires de Cromer, et chacun peut la lire. Elle nous dit, avec une autorité qu'on ne peut discuter, que l'ancien lit de la mer, la craie a été soulevée, est devenue terre sèche, et est restée telle jusqu'à ce qu'elle fût couverte de forêts habitées par les animaux dont les dépouilles réjouissent vos géologues. Combien de temps est-elle restée dans cette condition ? On ne peut le dire ; mais, alors comme aujourd'hui, les jours se suivaient, mais ne se ressemblaient pas. Cette terre sèche, avec les ossements et les dents de longues générations d'éléphants cachés dans les racines et les feuilles sèches de ses anciens arbres, s'abaissa graduellement au fond de la mer glaciale, qui la recouvrit d'immenses masses.

Des animaux marins, tels que le walrus, qui ne se rencon-

trent plus aujourd'hui que dans l'extrême nord, circulaient à l'endroit où les oiseaux s'étaient perchés sur les rameaux les plus élevés des pins. Combien de temps cet état de choses dura-t-il? Nous ne le savons pas; mais enfin il se termina. La boue glaciale, soulevée à son tour, se durcit et forma le sol du Norfolk moderne. Les forêts poussèrent de nouveau, le loup et le castor remplacèrent le renne et l'éléphant, et enfin commença ce que nous appelons l'histoire d'Angleterre.

Ainsi donc vous pouvez, sans sortir du comté que vous habitez, acquérir la preuve que la craie peut à juste titre réclamer une antiquité plus reculée que les traces physiques même les plus anciennes que l'homme aient laissées après lui; mais nous pouvons aller plus loin, et démontrer, en invoquant la même autorité que celle qui nous raconte l'existence du père de l'humanité, que la craie est beaucoup plus ancienne qu'Adam lui-même.

Le livre de la Genèse nous apprend qu'Adam, immédiatement après la création et avant l'apparition d'Eve, fut placé dans le jardin d'Eden. Les savants en semblable matière ont beaucoup controversé le problème de la position géographique du paradis; mais il y a un point sur lequel, autant que je le sache toutefois, aucun commentateur n'a jamais élevé le moindre doute : c'est que, sur les quatre rivières qui l'arrosaient, l'Euphrate et le Hiddekel sont les rivières connues maintenant sous les noms de l'Euphrate et du Tigre.

Or, tous les pays où se trouve la source de ces grands fleuves et à travers lesquels ils coulent, sont composés de roches qui sont, soit de la même époque que la craie, ou d'une date postérieure. De telle sorte que la craie a dû non-seulement *être formée;* mais après la formation, le temps nécessaire au dépôt de ces roches plus récentes et à leur soulèvement a dû s'écouler, avant que le plus petit ruisseau qui se jette dans le grand fleuve, le fleuve de Babylone, ait commencé à couler.

Ainsi des preuves qu'on ne peut discuter et qu'il n'est nul besoin de renforcer, bien que, si le temps le permettait, je pourrais en citer un grand nombre d'autres, nous forcent de croire que la terre, depuis l'époque de la craie jusqu'à notre époque, a été le théâtre d'une série de changements aussi considérables que lents. Le terrain sur lequel nous nous trouvons a été d'abord mer, puis terre; ces changements se sont produits quatre fois au moins, et chacun de ces changements a duré un temps considérable.

Ces étonnantes métamorphoses de mer en terre ferme, de terre ferme en mer, n'ont pas d'ailleurs été restreintes à un coin de l'Angleterre. Pendant la période de la craie, ou « l'époque crétacée », aucun des grands traits physiques de notre globe n'existait encore. Nos grandes chaînes de montagnes, les Pyrénées, les Alpes, l'Himalaya, les Andes, ont toutes été soulevées depuis le dépôt de la craie, et la mer crétacée recouvrait les sites où se dressent aujourd'hui le Sinaï et l'Ararat.

Tout cela est certain, car des roches crétacées ou même des roches plus récentes ont partagé les mouvements élévatoires qui ont produit ces chaînes de montagnes, et se retrouvent, dans quelques cas, perchées à des milliers de pieds de hauteur sur leurs flancs. Des preuves également concluantes nous démontrent que, quoique dans le Norfolk la couche forestière repose immédiatement sur la craie, ce n'est pas parce que la période forestière suivit immédiatement l'époque de la formation de la craie, mais parce qu'un laps de temps immense représenté dans d'autres lieux par des rochers ayant des milliers de pieds d'épaisseur n'est pas indiqué à Cromer.

Je dois vous demander de croire que nous avons des preuves non moins concluantes qu'une succession plus longue encore de changements semblables a eu lieu avant le dépôt de la craie. Nous n'avons pas d'ailleurs de raison de croire que le premier terme de la série de ces changements nous soit connu. Les plus anciens lits de mer que nous connaissions sont formés de sables, de boue et de cailloux, qui ne sont que les débris de roches formées dans des océans plus anciens encore.

Mais quelque grands qu'aient été ces changements physiques du monde, ils ont été accompagnés d'une série non moins étonnante de modifications dans les habitants du globe.

Toutes les grandes familles d'animaux, les bêtes des champs, les oiseaux de l'air, les créatures rampantes et celles qui vivent dans les eaux, florissaient sur le globe des siècles sans nombre avant que la craie ait été déposée.

Bien peu de créatures vivant aujourd'hui ressemblent cependant à ces anciennes créatures. Il est certain que pas un des animaux les mieux organisés n'appartenait aux mêmes espèces que celles existant aujourd'hui. Les bêtes des champs, dans les temps qui ont précédé la craie, n'étaient pas les bêtes de nos champs; les oiseaux de l'air ne ressemblaient pas à ceux que l'œil de l'homme a vu voler, à moins que son antiquité ne remonte infiniment plus loin que nous ne le supposons aujourd'hui. Si nous pouvions être tout à coup reportés à cette époque, nous éprouverions les mêmes étonnements qu'un homme arrivant en Australie avant qu'elle ait été colonisée. Nous verrions des mammifères, des oiseaux, des reptiles, des poissons, des insectes que nous reconnaîtrions facilement comme tels, et cependant pas un d'entre eux ne ressemblerait exactement à ceux qui nous sont familiers, et beaucoup seraient très-dissemblables.

La population du monde a éprouvé depuis ce temps des changements lents et graduels, mais incessants. Il n'y a pas eu de grande catastrophe, aucun destructeur n'a fait disparaître d'un seul coup les animaux d'une période pour les remplacer par une création entièrement nouvelle : mais une espèce a disparu et une autre a pris sa place; des créatures ayant un certain type ont diminué en nombre, d'autres ont augmenté à mesure que le temps marchait. Aussi la différence sera-t-elle effrayante si l'on place l'une près de l'autre les créatures des temps qui ont précédé la craie et celles qui vivent aujourd'hui, et cependant nous sommes conduits d'une forme à l'autre par la progression la plus graduelle, si nous suivons le cours de la nature à travers la série entière des dépouilles qu'elle nous a conservées.

C'est la population de la mer crétacée qui relie le plus complétement les habitants de l'ancien monde aux habitants du monde moderne. Les groupes qui disparaissent s'y trouvent côte à côte des groupes qui représentent aujourd'hui les espèces dominantes.

Ainsi la craie contient les restes de ces étranges reptiles qui pouvaient voler et nager, le ptérodactyle, l'ichthyosaurus et le plesiosaurus, qui ne se trouvent pas dans les dépôts plus récents, mais qui abondent dans les âges précédents. Les coquillages à cellules appelés les ammonites et les bélemnites, qui caractérisent la période précédant l'époque crétacée, disparaissent avec elle.

Mais parmi ces restes d'un état de choses qui s'efface, il y a quelques exemples d'animaux très-modernes qu'on pourrait comparer à un colporteur yankee au milieu d'une tribu

de Peaux-Rouges. Les crocodiles du type moderne apparaissent; les poissons à arêtes, dont beaucoup ressemblent aux espèces existant aujourd'hui, supplantent presque les poissons prédominants dans les mers plus anciennes; beaucoup de coquillages modernes paraissent pour la première fois dans la craie. La végétation revêt un aspect moderne. Quelques animaux vivants ne peuvent même pas se distinguer comme espèces de ceux qui existaient à cette époque éloignée. La *Globigerina* actuelle, par exemple, ne diffère pas spécifiquement de celle de la craie; on pourrait en dire autant de bien d'autres *Foraminiferæ*. Il est probable, je pense, que des observations critiques, faites par des hommes sans préjugés, prouveront que plus d'une espèce d'animaux d'un ordre plus élevé a eu une existence aussi longue : le seul exemple que je puisse citer à présent est la *Terebratulina caput serpentis*, qui vit dans nos mers anglaises, et qui abondait (comme *Terebratulina striata* des auteurs) dans la craie.

La famille humaine se vantant de la plus longue série d'ancêtres doit courber le front devant l'arbre généalogique de ce coquillage insignifiant. Nous sommes fiers, nous autres Anglais, de compter parmi nos ancêtres un soldat présent à la bataille d'Hastings. Les ancêtres de la *Terebratulina caput serpentis* ont pu assister à une bataille d'*Ichthyosauriæ*, livrée dans cette partie de la mer qui, quand la craie se déposait, recouvrait l'endroit où se trouve aujourd'hui Hastings. Pendant que tout a changé autour d'elle, cette *Terebratulina* s'est paisiblement propagée de génération en génération, et existe encore aujourd'hui, sorte de témoignage vivant, prouvant la continuité de l'histoire présente avec l'histoire ancienne du globe.

Jusqu'à présent je n'ai énoncé, autant que je le sache, que des faits authentiques, et les conclusions immédiates qu'ils présentent à l'esprit.

Mais notre esprit est ainsi fait qu'il ne s'arrête pas volontiers aux faits et aux causes immédiates; il cherche toujours à remonter la chaîne des causes.

Nous ne pouvons nous empêcher, en admettant les nombreux changements qu'a subis un endroit donné de la surface du globe, tantôt terre et tantôt mer; nous ne pouvons, dis-je, nous empêcher de nous demander quelle a été la cause de ces changements. Puis, quand nous les avons expliqués comme ils doivent l'être, par de lents mouvements alternatifs d'élévation et de dépression qui ont affecté la croûte de la terre, nous allons plus loin et nous demandons : Pourquoi ces mouvements?

Je ne crois pas que qui que ce soit puisse répondre d'une façon satisfaisante à cette question. Quant à moi, je ne le puis pas. Tout ce qu'on peut dire, c'est que ces mouvements sont dans le cours ordinaire de la nature, car ils se produisent encore sous nos yeux. On a la preuve certaine que quelques parties des terres de l'hémisphère du nord se soulèvent aujourd'hui insensiblement, pendant que d'autres s'abaissent tout aussi insensiblement. On a en outre des preuves indirectes, mais très-satisfaisantes, qu'une superficie énorme recouverte aujourd'hui par l'océan Pacifique s'est abaissée de plusieurs milliers de pieds depuis que les animaux qui habitent cette mer ont commencé d'exister.

Aussi n'y a-t-il pas à douter un seul instant que les changements physiques du globe dans le passé résultent de causes naturelles seules.

Y a-t-il plus de raisons pour croire que les modifications qu'ont subies les formes des habitants du globe proviennent d'une autre cause?

Avant d'essayer de répondre à cette question, tâchons de nous faire une idée exacte de ce qui s'est passé dans quelques cas particuliers.

Les crocodiles sont des animaux qui, comme groupe, remontent à une très-haute antiquité. On les trouve en abondance dans des couches bien plus anciennes que la craie; ils abondent aujourd'hui dans les rivières des pays chauds. Il y a une différence dans la forme des joints de l'épine dorsale et dans quelques parties insignifiantes, entre les crocodiles actuels et ceux qui vivaient avant la période de la craie. Mais à l'époque crétacée, comme je l'ai déjà dit, les crocodiles avaient revêtu le type moderne. Malgré cela, les crocodiles de la craie ne sont pas identiquement les mêmes que ceux qui vivaient dans les temps appelés « la vieille époque tertiaire », qui a succédé à l'époque crétacée; et les crocodiles des vieux terrains tertiaires ne sont pas identiques avec ceux des nouvelles couches tertiaires, ni ces derniers avec ceux d'aujourd'hui. (Je laisse de côté la question de savoir si des espèces particulières se sont continuées pendant plusieurs époques.) Ainsi chaque époque a eu ses crocodiles particuliers, bien que tous, depuis la craie, appartiennent au type moderne et n'en diffèrent que par leurs proportions et des détails de forme qui ne peuvent être remarqués que par des yeux exercés.

Comment expliquer cette longue série de différentes espèces de crocodiles?

Nous ne pouvons faire que deux suppositions : ou bien chaque espèce de crocodile a fait l'objet d'une création spéciale, ou bien chacune de ces espèces provient d'une forme préexistante altérée par l'opération de causes naturelles.

Choisissez votre hypothèse. Quant à moi, j'ai choisi la mienne. Aucune raison ne me porte à croire à la création distincte d'une quantité d'espèces successives de crocodiles pendant le cours de siècles innombrables. La science ne soutient pas une idée aussi absurde. Je ne crois pas d'ailleurs que même l'ingénuité perverse d'un commentateur puisse découvrir cette explication dans les simples paroles dont l'auteur de la Genèse se sert pour rappeler le cinquième et le sixième jour de la création.

D'un autre côté, je ne vois pas de raison pour repousser l'autre explication, c'est-à-dire que toutes ces différentes espèces proviennent d'une forme préexistante de crocodiles modifiée par l'opération de causes faisant aussi complétement partie de l'ordre commun de la nature que celles qui ont présidé aux changements du monde inorganique.

Qui osera affirmer que ce raisonnement qui s'applique aux crocodiles ne peut s'appliquer aussi aux autres animaux et aux plantes? Si une série d'espèces a été produite par l'opération de causes naturelles, ce serait folie de nier que toutes aient été produites de la même façon.

Un petit commencement nous a conduit à une grande fin. Si je plaçais le petit morceau de craie d'où nous sommes partis dans la flamme de l'hydrogène obscure, mais douée d'une si intense chaleur, il brillerait comme le soleil. Il me semble que cette métamorphose physique représente assez bien ce qui s'est passé quand nous avons soumis ce morceau de craie à un examen consciencieux, quoique bien peu brillant. Ce morceau de craie est devenu lumineux; ses clairs rayons ont pénétré les abîmes du passé, et nous ont permis de comprendre quelques-unes des évolutions de la terre. Et dans les

lentes transformations de la terre et de la mer, de même que dans la variété infinie de formes revêtues par les êtres vivants, nous n'avons jamais observé que le produit naturel des forces que possédait à l'origine la substance de l'univers.

E. H. Huxley.

— Traduit de l'anglais par E. Barbier. —

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

M. GRANDRY.

Recherches sur la structure intime du cylindre de l'axe et des cellules nerveuses.

Les parties essentielles du système nerveux, le cylindre de l'axe et les cellules nerveuses, ont été fort peu étudiées jusqu'à présent quant à leur structure intime ; des observateurs ont même nié l'existence du cylindre de l'axe dans les fibres nerveuses vivantes, et l'ont considéré comme une production artificielle et cadavérique. Des recherches récentes, faites par Fromman, sont venues élucider en partie cette question encore obscure. Cet auteur a publié deux mémoires sur ce sujet : l'un d'eux est affecté spécialement à l'étude du cylindre de l'axe ; dans le second l'auteur s'occupe de la substance conjonctive de la moelle épinière et de la structure des cellules nerveuses de la corne antérieure.

Fromman a constaté que le cylindre de l'axe, traité par le nitrate d'argent, se montre strié transversalement dans le plus grand nombre de cas ; quelquefois, mais plus rarement, on y trouve des stries longitudinales. D'après lui, les cellules présentent des stries longitudinales, qui, partant du noyau en se comportant d'une façon spéciale, iraient se continuer dans les prolongements.

Ce dernier résultat s'obtient en examinant des moelles tout à fait fraîches et en faisant les préparations avec de l'albumine très-peu diluée. L'auteur s'est également servi du nitrate d'argent dans l'étude des cellules nerveuses, en opérant de la manière suivante : Il prend des moelles fraîches qu'il fait congeler et traite ensuite par le nitrate d'argent ; dans ce cas, dit-il, le corps de la cellule se colore uniformément en brun, le noyau reste transparent, le nucléole est attaqué, et l'on retrouve sur les prolongements les stries longitudinales, mais elles sont colorées en brun.

Mes résultats concordent parfaitement avec ceux de Fromman quant au cylindre de l'axe ; mais cet auteur n'a tiré aucune conclusion relative à la structure intime de cet organe ; mes recherches m'ont permis, comme on le verra plus loin, d'arriver à un résultat à cet égard. Bien que d'accord sur certains points avec cet auteur sur la question des cellules nerveuses, je suis arrivé à des résultats très-différents de ceux qu'il a obtenus. Cette différence dans les résultats ayant probablement pour cause la manière de préparer les organes, je crois important de traiter d'une façon toute spéciale la méthode que j'ai suivie dans mes investigations.

Moyens d'étude. — Toutes mes recherches ont été faites sur le ganglion de Gasser et la moelle épinière (de bœuf, comme centres nerveux, et sur le nerf sécalique de la grenouille, comme nerf périphérique.

Les organes ont toujours été enlevés le plus tôt possible après la mort (en moyenne une demi-heure après), de telle façon qu'ils étaient encore vivants, ou que du moins on pouvait supposer qu'ils n'avaient subi aucune altération cadavérique notable.

Cette circonstance est indispensable ; on n'obtient pas les mêmes résultats avec des moelles d'animaux morts depuis plus de six heures.

Aussitôt enlevés, les organes étaient plongés dans une solution de nitrate argentique cristallisé au 400e, après avoir été coupés préalablement en fragments d'un à un et demi centimètre. Cela fait, je les plaçais dans un endroit à l'abri de la lumière et à la température ordinaire pendant environ cinq jours ; puis, je les exposais à la lumière pendant deux ou trois jours, en les laissant dans la solution argentique où ils avaient macéré. Ce temps d'action du réactif et de la lumière est en général suffisant, mais les résultats paraissent être meilleurs si on laisse agir plus longtemps ; quelques-unes de mes plus belles préparations ont été obtenues après quinze jours d'action du nitrate argentique dans l'obscurité, et environ le même temps d'exposition à la lumière.

La solution argentique qui m'a le mieux réussi est celle au 400e ; des solutions plus concentrées m'ont donné des résultats moins satisfaisants. Fromman a employé la solution au 600e pour les centres et celle au 300e pour les nerfs périphériques.

La qualité de la lumière a une grande influence : il est beaucoup préférable de se servir d'une lumière très-intense ; elle donne de plus beaux résultats après un temps d'action relativement court qu'une lumière faible agissant longtemps. Au soleil, il suffit quelquefois de moins d'une demi-heure pour que la réaction devienne manifeste pour les cylindres de l'axe.

L'action de la lumière ne se fait sentir qu'à la surface des fragments, il en résulte que cette partie seule peut servir pour l'étude ; cependant le reste n'est pas perdu, parce que le nitrate d'argent agit jusqu'à une profondeur de deux à trois millimètres, de telle façon qu'en faisant des coupes perpendiculaires à la surface et en les exposant à la lumière, on peut obtenir une nouvelle série de préparations suffisantes pour étudier le cylindre de l'axe.

Pour faire les préparations, il suffit d'enlever un morceau de la partie que l'on veut étudier à l'aide de ciseaux, ou de racler la surface avec le dos d'un scalpel ; les parcelles ainsi obtenues sont placées sur le porte-objet dans une goutte de glycérine pure ou additionnée d'un peu d'acide acétique, et l'on dilacère autant que possible.

Cylindre de l'axe. — Le cylindre de l'axe doit être étudié dans deux conditions : 1° lorsqu'il est libre, non compris dans l'intérieur d'une fibre, et par conséquent en contact immédiat avec le réactif ; 2° compris dans l'intérieur d'une fibre et enveloppé par la gaîne anhiste et la moelle. Je commencerai par l'étudier libre.

L'organe le plus facile pour cette étude est la moelle épinière, quoiqu'on le voie facilement aussi dans le ganglion de Gasser, mais ce dernier convient mieux pour l'étudier dans la fibre complète.

L'organe ayant été préparé comme je l'ai dit précédemment, on reconnaît tout de suite, même à un faible grossissement, que la réaction principale et caractéristique du cylindre de l'axe, quel que soit son volume, est une striation transversale très-accentuée et très-régulière, semblable à celle des muscles striés. Dans toute son étendue le cylindre présente des portions alternativement claires et obscures, comme si le réactif avait attaqué une partie de la substance et respecté l'autre.

On reconnaît aussi tout d'abord que les stries opaques se trouvent, dans une certaine étendue, à des distances très-régulières, mais que ces distances, ainsi que l'épaisseur des stries elles-mêmes, varient d'une place à l'autre.

L'épaisseur des stries varie entre $0^{mm},004$ à $0^{mm},005$; celle des espaces qui les séparent, entre $0^{mm},001$ à $0^{mm},003$ environ (1).

Considérée isolément, chaque strie se montre sous forme d'une ligne plus ou moins épaisse, uniformément colorée dans les plus fines, plus ou moins granuleuse et moins nettement limitée dans les grosses. Ce dernier fait n'est pas constant, on trouve assez souvent de grosses stries parfaitement homogènes. Si, en obser-

---

(1) Les espaces entre les stries des muscles sont de $0^{mm},0009$ à $0^{mm},002$.

vant, on fait varier le foyer de l'objectif, on voit, et cela se remarque le plus facilement sur les stries de moyenne largeur, que la strie qui avait l'apparence d'une ligne uniformément colorée, devient plus claire à son centre et est nettement limitée par un contour foncé qui présente une forme rectangulaire à angles arrondis.

La matière interposée entre les stries est ordinairement légèrement colorée, mais beaucoup moins que les stries ; quelquefois elle est tout à fait incolore : cela dépend de l'action plus ou moins longue du réactif et de la lumière. Elle est plus abondante entre les grosses qu'entre les fines stries ; mais il arrive cependant que les grosses stries sont très-rapprochées les unes des autres.

Les stries, quelle que soit leur épaisseur, se comportent toutes de la même façon les unes par rapport aux autres ; elles ont toutes les mêmes dimensions dans une certaine étendue et sont régulièrement espacées. Quant à leur direction, elles sont toutes placées perpendiculairement à l'axe du cylindre, quand celui-ci est rectiligne ; quand il est recourbé, si la courbure est légère, les stries se dirigent en rayonnant vers le centre sans que leur forme soit changée ; mais dans le cas de courbure brusque, elles changent de forme, et de rectangulaires elles deviennent triangulaires, à sommet du triangle dirigé vers le centre de la courbure.

Les stries variant d'épaisseur, on pourrait supposer que les plus fines se rencontrent sur les plus petits cylindres de l'axe, et *vice versâ*. Il n'en est rien : il n'existe aucune relation entre l'épaisseur des stries et le volume du cylindre ; on trouve même les plus fines stries sur les cylindres les plus volumineux.

Si l'on examine un cylindre sur une grande étendue, on voit que tantôt toutes les stries ont la même épaisseur et que tantôt celle-ci est variable. Dans ce dernier cas, on peut trouver une transition insensible ; mais le plus souvent elle est brusque, et alors on trouve entre les deux espèces de stries un espace très-coloré et plus large que les plus grosses stries. On trouve assez fréquemment sur un même cylindre plusieurs de ces espaces très-colorés qui séparent des groupes de stries, soit de même, soit de différente épaisseur.

Tout ce que je viens de décrire est très-manifeste sur des cylindres bien attaqués, mais il arrive souvent que l'action du réactif est trop ou trop peu intense. Dans le cas d'action trop forte, on aperçoit parfois vaguement les stries, mais ordinairement tout le cylindre présente une coloration brune foncée, uniforme. Quand la réaction a été trop faible, les stries sont granuleuses, ponctuées ; mais il arrive souvent qu'on trouve des stries bien dessinées de distance en distance ; parfois le seul effet obtenu consiste dans la présence de granulations noirâtres, disséminées irrégulièrement sur le cylindre.

Tels sont les caractères que présente le cylindre de l'axe placé encore vivant dans une solution de nitrate d'argent, et exposé ensuite à l'action de la lumière.

Outre les stries transversales, Fromman parle de stries longitudinales, mais il ne donne pas les conditions dans lesquelles il s'est placé quand il les a obtenues. Je les ai retrouvées aussi, mais sur des moelles qui avaient été plongées dans le nitrate d'argent, non à la température ordinaire, mais avaient été soumises en même temps à un refroidissement au-dessous de zéro. Ces stries longitudinales, quoique assez nettement visibles, sont beaucoup moins accentuées que les stries transversales.

Tout ce qui précède s'applique au cylindre de l'axe complétement isolé. Voyons maintenant comment il se comporte dans l'intérieur d'une fibre complète, lorsqu'on le place dans les mêmes conditions.

Si l'on suit un cylindre isolé jusque dans l'intérieur d'une fibre, on observe que les stries existent, non-seulement sur la partie dénudée, mais encore sur celle qui est enveloppée par la gaîne anhiste et la moelle, et que, sur une certaine étendue, elles y sont aussi marquées qu'en dehors de la fibre ; si l'on poursuit le cylindre plus loin, on voit bientôt les stries devenir moins marquées, ponctuées, puis ne plus se prononcer. L'action du réactif n'a donc lieu que près des points où le cylindre de l'axe devient libre et diminue d'intensité à mesure qu'on avance dans l'intérieur de la fibre. Ce fait est dû très-probablement à ce que le nitrate d'argent a pénétré à une certaine profondeur par imbibition de proche en proche, et que plus loin cette imbibition n'étant pas possible à travers la gaîne anhiste et la moelle, le réactif ne peut plus agir.

On a vu précédemment que toutes les stries sont parallèles et séparées les unes des autres par une matière sur laquelle le nitrate d'argent agit faiblement. Quelle est l'action de la compression sur cet état ? La compression peut être verticale, accompagnée ou non de mouvements de latéralité. La compression verticale simple n'a aucune action appréciable sur les stries les plus fines ; les plus grosses s'élargissent, ainsi que les espaces qui les séparent. Si l'on agit par la compression accompagnée de mouvements de latéralité sur des stries de moyenne largeur bien attaquées, et surtout sur des cylindres qui ne soient pas très-volumineux, on voit souvent, tantôt une, tantôt plusieurs stries se dévier de la direction commune. J'ai vu les stries se déplacer isolément, sans changer de forme, et prendre des positions obliques par rapport aux autres, et même se placer perpendiculairement, c'est-à-dire dans la direction de l'axe du cylindre, comme si celui-ci était formé de disques résistants séparés par une substance plus molle et dont quelques-uns se seraient couchés obliquement ou longitudinalement. Par le même moyen, il arrive fréquemment que presque toutes les stries se dévient irrégulièrement de leur position normale, dans toutes directions, sans que les courbures du cylindre puissent rendre compte de ces variétés de position.

On peut aussi obtenir la rupture partielle des cylindres ; alors on observe qu'elle se fait dans l'intervalle entre les stries, en laissant celles-ci complétement intactes.

Quel que soit le degré de compression employé, il est très-difficile de détruire les stries, même quand elles sont *granuleuses* ; l'action de la compression se fait donc sentir sur la matière interposée, qui est beaucoup moins résistante que les stries.

Outre le déplacement des stries, on peut obtenir leur isolement complet. Pour obtenir cet effet, je me suis servi de préparations ayant séjourné pendant un temps assez long dans la *glycérine*, et j'ai comprimé fortement en imprimant des mouvements de latéralité à l'objet. Pour arriver au même but, on peut employer également des fragments d'organes ayant macéré pendant plusieurs semaines dans la solution argentique, après l'action de la lumière, et agir comme ci-dessus en faisant la préparation avec de la glycérine. En agissant ainsi, on parvient à isoler les stries avec facilité, et l'on voit qu'elles présentent exactement les mêmes caractères que lorsqu'elles sont réunies ; en général, il est difficile de les débarrasser complétement de la matière interposée, dont une petite quantité reste adhérente.

Des faits que je viens d'exposer, on peut conclure que :

1° Le nitrate d'argent a une action spéciale sur certaines parties du cylindre de l'axe, et n'attaque pas ou que faiblement certaines autres.

2° Le cylindre de l'axe est composé de deux substances différant par leurs propriétés physiques et chimiques.

3° Ces deux substances ne sont pas mélangées, mais complétement isolées, et présentent une disposition régulière, l'une par rapport à l'autre.

4° Le cylindre de l'axe est probablement formé de disques superposés et séparés les uns des autres par une substance qui n'a pas les mêmes propriétés que les disques eux-mêmes.

5° Le cylindre de l'axe compris dans l'intérieur d'une fibre complète offre absolument les mêmes caractères que le cylindre isolé, pour autant que le réactif puisse agir sur le cylindre lui-même.

Quand on examine un cylindre de l'axe attaqué, on est frappé par la ressemblance avec les muscles striés ; les stries et les espaces ressemblent en effet beaucoup à ceux des muscles par leurs dimensions. Comme analogie avec la substance des mus-

cles, on constate encore l'existence des stries longitudinales sur le cylindre et l'isolement des stries ; je crois cependant qu'on ne peut encore comparer le cylindre de l'axe avec les muscles striés, et que de nouvelles recherches seraient nécessaires à ce sujet.

Cellules nerveuses et leurs prolongements. — Avant de commencer l'exposé de mes recherches sur les cellules nerveuses, je crois utile de rappeler en peu de mots la préparation à faire subir à l'objet, parce que c'est surtout ici que mes résultats ne s'accordent pas avec ceux de Fromman ; ce que j'attribue à la différence de conditions dans lesquelles nous nous sommes placés.

Les organes sont pris aussi vivants que possible, plongés pendant un certain temps dans la solution de nitrate d'argent, puis exposés à la lumière ; pour les cellules nerveuses, il est important de laisser agir longtemps la lumière, parce que l'action de celle-ci est beaucoup plus faible que sur les cylindres de l'axe.

L'organe où l'on obtient les meilleurs résultats est la moelle épinière (région cervicale), et je dirai même que les observations qui suivent ont été faites en grande partie sur les cellules des cornes antérieures.

Fromman, en agissant par le nitrate d'argent sur les moelles congelées, trouve le corps des cellules uniformément coloré en brun, le noyau restant incolore ; les prolongements présentent des stries longitudinales, mais pas de stries transversales.

Si l'on prépare l'organe comme je l'ai indiqué, on trouve que, comme pour le cylindre de l'axe, l'action du nitrate d'argent donne lieu à une striation très-accentuée du corps de la cellule et de ses prolongements : on trouve alternativement des parties claires et obscures.

Les stries varient d'épaisseur entre $0^{mm},004$ à $0^{mm},005$.

Les plus fines stries se montrent complétement homogènes, d'une coloration brune ; les plus grosses sont en général ponctuées, granuleuses, comme formées de granulations noirâtres accolées les unes aux autres. Entre les stries on trouve une substance moins attaquée, quelquefois tout à fait incolore. Une cellule peut ne présenter que des stries de même épaisseur ; mais assez souvent, sûr une même cellule, comme sur le cylindre de l'axe, on trouve des stries d'épaisseur variable. Les cellules présentent aussi des espaces très-colorés plus larges que les stries ordinaires, et par là sont divisées en deux ou trois segments à stries de même ou de différente épaisseur.

Quant à la direction des stries, on ne peut donner aucune règle, elles sont toutes parallèles ; le noyau n'influe en rien, elles passent par-dessus.

Les cellules ne sont pas toujours attaquées sur toute leur surface ; alors, dans ce cas, on voit la cellule traversée, pour ainsi dire coupée en deux par un plan coloré qui se termine à la surface par une strie.

En me plaçant dans les conditions indiquées par Fromman, j'ai vu, comme cet auteur, le corps de la cellule se colorer uniformément en brun et le noyau rester intact ; en même temps j'ai trouvé les stries longitudinales sur les prolongements, mais mes observations ne me permettent pas de me prononcer sur la manière dont elles se terminent dans l'intérieur de la cellule.

Les prolongements des cellules présentent une striation transversale en tout point semblable à celle du cylindre de l'axe ; quant à l'épaisseur des stries, elle correspond à celle des stries du segment de cellule dont ils partent. Cela se voit sur les cellules entières, et surtout sur les prolongements arrachés qui ont entraîné avec eux une portion de cellule.

Si un prolongement se trouve recourbé autour de la cellule, on n'aperçoit pas de striation ; mais si l'on imprime des mouvements à la préparation de façon à le rendre rectiligne, aussitôt les stries se montrent très-nettement accusées ; le prolongement se recourbant, les stries [illegible] nouveau.

Si l'on agit par la [illegible] cellules nerveuses, on obtient un élargissement des grosses stries, les fines ne subissent aucun changement. La compression associée aux mouvements de latéralité ne produit pas l'isolement des stries, comme dans le cylindre de l'axe ; le seul effet qu'on puisse obtenir, c'est de rendre les stries sinueuses, tout en les laissant parallèles ; il est cependant à remarquer qu'on ne peut détruire les stries qu'avec beaucoup de difficulté.

De ces faits on peut conclure que :

1° Il existe deux substances différant par leurs propriétés dans le corps de la cellule.

2° Ces deux substances paraissent isolées.

3° Il y a peut-être une disposition en disques comme dans le cylindre de l'axe ; mais le seul fait à l'appui, c'est l'existence, dans certains cas, d'un plan coloré coupant entièrement la cellule.

4° Le cylindre de l'axe et les cellules nerveuses offrent les mêmes caractères, quand on les soumet à l'action du nitrate d'argent dans certaines conditions.

D'après les réactions que donne le nitrate d'argent sur le cylindre de l'axe et les cellules nerveuses, on peut espérer d'élucider les questions de substance conjonctive et de substance nerveuse dans la corne postérieure de la moelle épinière et ailleurs ; quant à la corne postérieure, mes recherches ne me suffisent pas pour émettre une opinion à cet égard.

Les recherches qui font l'objet de ce travail ont été faites dans le laboratoire de physiologie de la Faculté de médecine de Liége. Je crois devoir exprimer ici toute ma reconnaissance à M. le professeur Schwann, pour la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée en me guidant dans mes travaux.

Grandry.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)

(de l'Institut).

XXV

Formation des races domestiques.

Nous avons terminé notre dernière leçon par une assertion. Nous avons dit que l'homme, lorsqu'il forme des races domestiques, ne fait autre chose que mettre en jeu les forces dont l'action naturelle donne lieu à la formation des races sauvages. C'est ce qu'il s'agit de démontrer maintenant.

L'homme, rappelons-le d'abord, peut agir volontairement ou involontairement, sciemment ou insciemment, d'une manière aveugle ou raisonnée. Le résultat sera le même dans les deux cas, il y aura modification du type et apparition de races nouvelles, mais l'intensité et la rapidité du phénomène varieront.

Voyons d'abord comment les choses se passent lorsque l'action dont nous parlons s'exerce pour ainsi dire sans avoir conscience d'elle-même, et surtout lorsqu'il s'agit des animaux. L'homme, par le seul fait qu'il soumet à son empire où qu'il s'attache certains représentants d'une espèce, les place par cela seul dans des conditions d'existence nouvelles. Il com-

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655 et 685, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er, 8, 15 et 29 août, et 12 et 26 septembre 1868.

mence par supprimer pour eux, ou mieux il les aide à supporter la lutte pour l'existence ; il les protége contre leurs ennemis et souvent contre le milieu dans lequel il les fait vivre ; il se charge enfin de les nourrir. Ce sont là des changements considérables, et il est bien difficile d'admettre que, contrairement à la théorie, il n'en résulte pas de modifications du type. L'expérience et l'observation confirment en tout point ce que le raisonnement le plus élémentaire nous faisait concevoir. Ainsi, Pallas et Guldenstädt en Asie, Ehrenberg et Empricht en Afrique, ont vu le chacal domestiqué dans son lieu natal se distinguer déjà du chacal sauvage, quoiqu'il se reliât à lui par des intermédiaires assez nombreux pour mettre hors de doute son origine. Le chacal transformé en chien dans la Sibérie et en Afrique est un très-bon exemple pour montrer que la domestication seule exerce une action très-marquée qui se manifeste rapidement par des modifications extrêmement notables. En effet, les habitants des contrées où elles ont été observées ne demandent guère à leurs chiens que ce que fait naturellement le chacal livré à lui-même.

Mais quand l'homme prend à sa charge une espèce, c'est qu'il en attend certains services. Or la nature de ces services tend presque toujours à modifier les individus qui les rendent. Un animal dont les formes, par suite du but auquel l'homme le destine, cessent de remplir les conditions nécessaires pour une locomotion aisée, prend nécessairement une démarche lente et traînante. L'âne est le résultat d'une déviation de cette nature. En effet, l'onagre est à peu près de la taille du cheval libre, et sa rapidité est proverbiale. Écrasé de fardeaux, il est devenu le petit quadrupède trotte-menu que vous connaissez. Il en est de même du cheval de charrette et du bœuf de trait, qui ont aussi perdu la rapidité de leur allure naturelle. La création d'une race de vache laitière résulte également de l'habitude que l'homme a donnée à certains de ces animaux de lui rendre d'une manière continue un même service. On est ainsi arrivé à avoir des vaches donnant du lait pendant toute l'année et en quantité bien plus considérable que n'en donnent pendant la seule période de la lactation les vaches ordinaires. Mais si l'on cessait de les traire, leurs fonctions ne tarderaient pas à rentrer dans leurs limites normales, et elles n'auraient plus de lait que ce qu'il en faudrait pour remplir leurs devoirs de mères.

Tous ces changements ont pu et ont dû s'accomplir en partie sur place, chez les animaux que l'homme n'avait pas même arrachés à leur habitat initial. Mais, après s'être acquis des serviteurs, il les a emmenés avec lui, s'est fait suivre par eux dans ses voyages, et les a transportés sous des climats et dans des milieux très-différents. La lutte avec ces milieux étrangers devenant plus vive, l'homme a multiplié ses soins afin de protéger ses compagnons, subitement dépaysés, contre les influences nouvelles qu'ils subissaient. En même temps que la sollicitude du maître redoublait autour d'eux, l'effet de ses précautions devait être de caractériser encore plus profondément les races, ou d'en créer de nouvelles. L'expérience montre qu'il en est bien ainsi. Nos chevaux, nos bœufs, nos chiens, etc., transportés en Amérique, aux Indes, etc., ont presque toujours et presque partout enfanté des races nouvelles.

La plupart des soins que reçoivent les animaux par le seul fait de la domestication relèvent de la stabulation. Ils se résument dans la formule abriter et nourrir, formule qui est vraie à des degrés divers pour tous les animaux domestiques. Or, ce double rôle de la stabulation entraîne à lui seul des conséquences faciles à prévoir. En effet, la nourriture a par elle-même une action si immédiate, que ceux qui se refusent à admettre la variabilité des types spécifiques lui attribuent cependant une influence réelle comme agent modificateur. La nourriture est aussi variée que les milieux eux-mêmes peuvent l'être. Les fourrages d'Amérique, d'Asie et d'Afrique sont loin d'être identiques. Transportées dans des régions exceptionnelles par la nature de leur climat, les espèces animales y trouveront en même temps une alimentation exceptionnelle, et nous ne devons pas être surpris que des bœufs, des chevaux ou des moutons nourris d'herbages différents se distinguent les uns des autres par des caractères de race plus ou moins accusés. Le chien européen est carnivore ; en Polynésie, il devient frugivore ; dans les Orcades et chez les Esquimaux, il se nourrit presque exclusivement de varechs et de poissons. Il n'est donc pas étrange qu'il offre dans ces trois régions des caractères différents.

Dans les exemples précédents, j'ai supposé des intervalles considérables et des milieux extrêmes, afin de mieux faire comprendre les faits. Mais ni l'une ni l'autre de ces conditions n'est nécessaire pour que l'on ait à constater de grandes modifications. En effet, sans sortir de la contrée même où une espèce se trouve cantonnée et soumise à l'action commune du même milieu et de soins analogues, par cela seul que des éleveurs nombreux s'en occupent, il arrive que les types primitifs subissent des déviations en des sens différents ; de telle sorte que chaque éleveur, s'il reste fidèle à ses errements, peut finalement donner lieu à la *formation d'une* race nouvelle. Darwin cite à ce propos un exemple frappant emprunté à Youatt. Deux éleveurs anglais, MM. Buckley et Burgen, possèdent deux troupeaux de moutons leicester descendant directement de la race créée par Bakewell. Tous deux ont maintenu avec un soin jaloux la pureté de sang de leurs bêtes, qui ont reçu des soins également intelligents et actifs. Cependant peu à peu deux sous-races ont apparu. De légères divergences du type initial venant s'ajouter de part et d'autre dans des sens différents, au bout de cinquante ans les deux troupeaux ont complétement cessé d'être identiques et ont réellement formé deux races distinctes. Le fait, je le répète, s'est produit chez deux éleveurs également distingués et renommés en Angleterre pour leur habileté.

La France et la Saxe avaient fait venir d'Espagne des moutons mérinos. Les parents étaient donc les mêmes ; cependant la laine fournie par le troupeau de Rambouillet différait bientôt d'une manière très-notable des laines de Saxe.

Ce n'est pas d'emblée que le milieu produit de telles variations. Même lorsqu'il agit sur des espèces déjà déviées de leur type initial, il lui faut un certain temps. Nous avons, du reste, insisté sur ce point. Je vous ai montré les bœufs européens, transportés en Amérique, devenant pelones avant d'être calongos, c'est-à-dire ne perdant que graduellement leurs poils. Vous savez aussi que nos poulets importés dans les îles du Mexique commencent par donner des petits qui naissent comme chez nous, c'est-à-dire couverts de duvet. Ce n'est que de génération en génération que ce duvet diminue peu à peu d'épaisseur et finit par disparaître complétement. On a alors le poulet créole nu à sa naissance.

Ce qui est vrai des races domestiques, l'est à l'égard des

tent naturellement plus longtemps encore.

Ici, malheureusement, les faits précis nous manquent. En effet, la domestication d'une espèce animale est chose fort rare; si rare, que depuis les Romains jusqu'à nous, on ne peut guère citer que le dindon et le canard qui aient été domestiqués. Le canari a été plutôt réduit en captivité. Chez les végétaux, les exemples sont bien plus fréquents, et il est aisé d'étudier les changements progressifs, mais d'abord très-lents, que le milieu nouveau impose au type sauvage; puis, arrive finalement le moment où l'espèce, se trouvant ébranlée, varie bien plus rapidement qu'au début.

Le dahlia (*D. variabilis*) a été envoyé, en 1789, de Mexico au jardin de botanique de Madrid, non point comme une plante d'ornement, mais comme une espèce bonne pour l'alimentation et destinée à faire concurrence à la pomme de terre, originaire, elle aussi, d'Amérique. Le dahlia fleurit en 1791. On n'y prit seulement pas garde, et l'on persista encore longtemps à vouloir tirer parti de la racine comme aliment. Ce n'est qu'en 1810 ou 1812 que quelques fleurs de semis frappèrent l'attention, et que les jardiniers et les fleuristes se mirent à l'œuvre. Mais ce fut en 1834 seulement qu'apparurent, après semis, les premières variétés, mères de celles qui font aujourd'hui l'ornement de nos parterres et qui sont l'objet d'un commerce extrêmement actif.

Une fois l'espèce ébranlée, tout chez elle devient plus facilement variable, et les moindres différences de milieu agissent alors avec une énergie souvent très-grande sur des organismes devenus instables. Je vous ai déjà cité des faits à l'appui de cette observation. Vous savez combien nos races domestiques d'une même espèce peuvent différer entre elles, bien qu'elles se soient formées à peu de distance les unes des autres. Le bœuf de Suisse, transporté en Lombardie, se transforme en deux générations. Les abeilles bourguignonnes, petites et brunes, deviennent en Bresse, après deux générations aussi, des abeilles grosses et jaunes, comme la race de ce pays.

A moins de soins très-spéciaux et tout à fait incessants, les races les mieux assises subissent à la longue l'action d'un milieu nouveau, et se transforment en se rapprochant des races locales. Les éleveurs connaissent, sous le nom de dégénérescence, ces phénomènes d'altération. En voici un exemple remarquable qui s'est produit en France. De Colbert jusqu'à Daubenton, on a cherché à acclimater le mérinos, qui était depuis longtemps une source de richesse pour l'Espagne. Mais on n'avait pas bien su diriger les soins, en sorte qu'à l'époque même de Daubenton, il arrivait qu'au bout d'un petit nombre de générations les mérinos importés dégénéraient; leur laine perdait peu à peu sa finesse et prenait les caractères de la laine des races locales. Il fallut pour fixer la race que Daubenton apportât à cette tâche des données scientifiques et un soin tout particulier.

Malgré tout, les soins les mieux entendus, même lorsqu'ils ont réussi à maintenir dans une race le caractère que l'on désire, pour une raison ou pour une autre, fixer et perpétuer, ne suffisent jamais pour conserver à cette race tous les traits qui lui sont propres, tant l'action du milieu est incessante et impérieuse. Il y a toujours un point au moins sur lequel les influences nouvelles se donnent pour ainsi dire carrière. Ainsi nos mérinos français ne reproduisent plus identiquement le type mérinos espagnol. Les chevaux arabes naissance à des races locales : la race andalouse en Espagne, les races limousine et navarrine en France, le pur sang anglais dans la Grande-Bretagne. Ce dernier est l'exemple le plus intéressant et le meilleur que nous puissions invoquer, parce qu'il s'agit d'une race dont l'histoire est ancienne et authentique.

C'est une erreur généralement répandue qui fait du pur sang anglais un métis du cheval arabe croisé avec les races locales. Gayot la réfute victorieusement dans un travail intitulé *Études hippologiques*, et il tombe d'accord sur ce point avec le comte de Wilheim, qui s'est occupé de la même question. Tous les deux, après avoir étudié des registres généalogiques officiels que nos voisins nomment le *Racing Calendar*, le *Turf Register*, le *Weather leg's general Stud-Book*, sont arrivés, je le répète, l'un et l'autre à cette conclusion : que le pur sang anglais descend directement de chevaux et de juments arabes. Jacques Ier, en 1600, fit importer en Angleterre des étalons arabes qu'il fit croiser avec les juments du pays; on n'obtint ainsi aucun résultat satisfaisant. Ce fut seulement Charles II qui fit venir à la fois des étalons et des juments de même provenance. Ces dernières sont connues dans l'histoire chevaline des Anglais sous le nom de *Royal mares*, ou cavales royales. De là viennent tous les purs sangs anglais. Peut-être, cependant, de 1670 à 1720, y a-t-il eu quelques croisements avec les races du pays; mais nous savons avec quelle rigueur les registres généalogiques sont tenus depuis 1720. Un cheval, pour être admis sur le turf, doit donner de sa noblesse des titres tels que les parchemins d'une ancienne famille n'en sauraient fournir de plus exacts.

Cependant, en dépit de sa descendance directe, le pur sang est très-différent de l'arabe. On a voulu créer une sous-race de chevaux de course, et l'on est arrivé à ce but, grâce à des soins spéciaux; mais, comme nous le verrons, le résultat auquel on est arrivé, tout en répondant admirablement à ce qu'on voulait qu'il fût, n'en reste pas moins avant tout artificiel.

Dans les faits que je viens de citer, l'hérédité joue certainement un rôle actif, cependant elle se borne à transmettre de génération en génération et à consolider l'œuvre individuelle du milieu. C'est ce dernier agent que nous avons jusqu'ici placé en première ligne. Voici maintenant un ordre de phénomènes dans lesquels l'hérédité n'agit pas seule, sans doute, mais joue du moins un rôle prépondérant. Tous ces faits se rattachent, jusqu'à un certain point, à la sélection volontaire, car la volonté humaine y intervient toujours plus ou moins; ils rentrent donc dans le domaine de la sélection dite artificielle par opposition avec la sélection naturelle.

Nous avons vu la lutte pour l'existence éliminer la majorité des individus. La conséquence en a été que tous ceux qui ont pris le dessus, grâce à certaines qualités qui leur étaient propres, sont devenus reproducteurs. Or, si l'élimination continue à agir dans le même sens, ce qui aura toujours lieu dans un milieu caractérisé, il en résultera nécessairement la formation d'une race chez laquelle se perpétueront, en s'accusant de plus en plus, les qualités qui ont permis aux individus restant à chaque génération de résister à la même lutte qu'ils avaient à soutenir contre le même milieu. Depuis bien longtemps déjà l'homme a agi comme s'il comprenait l'enseignement qu'il trouvait dans la nature. Dès qu'il a eu des ani-

maux domestiques à son service, il n'a pas tardé d'abord à constater l'hérédité des caractères, puis à distinguer les plus utilement doués parmi ses serviteurs. Désireux de perpétuer certaines qualités qu'il avait remarquées chez certains d'entre eux, il les a pris tout naturellement pour reproducteurs, pensant avec raison qu'ils se reproduiraient dans leurs fils. C'est ainsi que l'homme est arrivé, sans théorie, à la sélection artificielle.

Darwin cite la *Genèse* et l'*Encyclopédie chinoise*, et n'a pas de peine à prouver que ces antiques monuments contiennent des exemples de faits de cette nature. Mais sans chercher aussi loin, il suffit de voir ce qui se passe tous les jours autour de nous, même de la part des hommes les moins instruits. Il n'est pas un berger qui prenne au hasard, dans son troupeau, les reproducteurs qu'il accouple. En général, cependant, son choix est assez peu raisonné ; son appréciation sommaire, superficielle, est faite d'après des données insuffisantes; surtout il ne se propose pas un but bien distinct ni bien déterminé.

Il est évident que je ne parlerais pas en ces termes de l'élève de ces moutons noirs andalous pour lesquels la perpétuation de la même coloration est le but très-défini qu'on poursuit avec vigilance.

A part ce cas particulier et quelques autres analogues, les faits dont je viens de parler se rapportent à ce que Darwin appelle la sélection inconsciente; il lui attribue avec raison la plus forte part dans la multiplication des races, et je suis heureux de m'être rencontré depuis longtemps sur ce point avec mon éminent confrère.

Mais, depuis près d'un siècle, des hommes intelligents, de véritables savants, ont cherché à régulariser, à éclairer, à l'aide de la science, ces pratiques vulgaires. Ils ont si bien réussi, que la sélection est aujourd'hui devenue un art véritable, ayant, à ce titre, ses règles propres.

L'éleveur qui fait appel à la sélection peut procéder de deux manières. Tantôt les deux reproducteurs sont choisis dans une même race, tantôt ils sont de race différente. Ce dernier mode, relevant du croisement, nous ne nous en occuperons pas aujourd'hui, et nous attendrons, pour en parler, d'être arrivés à l'étude du métissage. Je me borne à vous dire qu'il consiste à relever une race inférieure en mariant ses représentants avec ceux d'une race supérieure. Le premier procédé, celui dont je me propose de vous entretenir aujourd'hui, a pour but ce qu'on pourrait appeler l'amélioration de la race par elle-même. On peut le résumer en deux mots : choisir pour les marier deux individus de sexe différent qui présentent au plus haut degré le caractère qu'on veut accroître ou simplement perpétuer.

Ce mode d'amélioration et de formation des races se pratique de deux manières. On peut d'abord choisir pour reproducteurs des individus n'ayant entre eux aucun lien de sang, pourvu qu'ils appartiennent à la même race. Ce procédé a été mis en faveur par Daubenton. Il réussit de cette manière à transformer en dix ans le mouton français de telle sorte que sa laine, naturellement grossière et longue de trois pouces au plus, était devenue longue de onze pouces et avait acquis une finesse comparable à celle de la toison des mérinos espagnols. La sélection ainsi comprise est aujourd'hui un art qui exige une pratique très-grande ; mais qui donne, à cette condition, des résultats certains.

Jonas Webb, qui est peut-être l'éleveur le plus habile en Angleterre, où l'on en compte tant d'éminents, s'est exercé pendant quinze ans sur les moutons. Il a commencé par faire de grands sacrifices ; mais on n'oserait dire qu'ils aient été inutiles, puisqu'ils lui ont permis de se rompre à une pratique qui l'a élevé plus tard au premier rang. Il a appliqué ensuite les mêmes procédés aux bœufs et aux porcs, et c'est ainsi qu'il est arrivé à remporter presque toutes les médailles dans les concours, ainsi qu'à se rembourser, et bien au delà, des frais que lui avait coûtés sa longue et consciencieuse éducation d'éleveur.

En Saxe, où l'on suivait la même méthode pour conserver la race de moutons mérinos, les soins étaient poussés à un point inimaginable.

Des experts y procédaient solennellement. Après un premier triage, chaque animal était posé sur une table, soigneusement examiné et numéroté suivant son ordre de mérite. La même épreuve recommençait trois fois à un mois d'intervalle. Alors seulement on croyait pouvoir arrêter un classement définitif. Grâce à ces précautions infinies, les mérinos de Saxe, à la laine si renommée pour sa finesse, ont été pendant longtemps une source de richesse pour ce pays. Cependant aujourd'hui cette industrie y est presque entièrement abandonnée; le commerce, trouvant ces laines trop chères, y a renoncé, malgré leur supériorité incontestable.

On accélère considérablement l'arrivée du résultat que poursuivaient Daubenton et Jonas Webb, et l'on abrége beaucoup le temps nécessaire pour que la transformation désirée s'accomplisse, en mariant les frères avec les sœurs, le père avec les filles, la mère avec les fils. Ce second procédé, très en usage en Angleterre, d'où il est passé en France, est connu par nos voisins sous le nom de *breeding in and in*, ce que nous traduisons par ces mots « reproduction en famille ». Je vous en citerai quelques applications.

Bakewell, partant de la race des bœufs à longues cornes du Leicestershire, a créé de cette manière le dishley, ce bœuf au corps cylindrique, à la tête petite, aux extrémités *courtes*, aux muscles très-développés, surtout dans la région des lombes et du psoas. Cependant son ossature est assez forte et son engraissement un peu lent. Il ne réalisait donc pas complétement l'idéal du bœuf de boucherie, qui doit être le plus charnu, le moins osseux et le plus rapidement engraissé de tous.

Les éleveurs Milbanks et Robinson, puis les frères Collins, frappés de ces desiderata du dishley, se sont adressés à une autre race et ont créé le type durham.

L'origine de cette nouvelle race a donné lieu à des discussions analogues à celles dont je vous ai parlé à propos du cheval de course. Quelques auteurs ont écrit que le durham était un métis de la race anglaise du Lincolnshire et d'une race hollandaise. M. Baudement, savant distingué, malheureusement enlevé à ses travaux par une mort prématurée, est arrivé aux conclusions suivantes après un soigneux examen de la question. Le durham est le résultat de l'amélioration *par elle-même* d'une race toute anglaise, originaire des bords de la Tees, où elle existe encore et dont les représentants sont connus sous le nom de Teeswater. C'est une race laitière haute du garrot, mais défectueuse au point de vue de la boucherie, par une poitrine étroite, une ossature forte et un engraissement lent.

Or, chez le durham, la poitrine est profon[illegible] duite au minimum et l'engraissement le [illegible]

un petit nombre de générations a suffi pour renverser complétement certains caractères physiologiques et anatomiques. Cependant, si le *breeding in and in* est une méthode avantageuse par la rapidité de son action, il a aussi, d'après certains éleveurs, de graves inconvénients. Trop souvent les races qui en résultent sont délicates, et leur fécondité s'amoindrit parfois jusqu'à disparaître complétement. Aussi un autre éducateur éminent, Princeps, conseille-t-il d'employer deux familles, afin d'éviter une parenté trop rapprochée entre les reproducteurs. Je reviendrai plus loin sur les inconvénients auxquels je viens de faire allusion.

Les exemples précédents montrent la sélection exerçant une action rapide sur l'anatomie de l'animal. Elle n'est pas moins puissante pour assurer la transmission et le développement des caractères physiologiques. S'agit-il, en effet, des races laitières de brebis, de chèvres ou de vaches, on a reconnu que les mêmes procédés dont je viens de parler pouvaient servir à les former et à les entretenir. Ici encore le choix des reproducteurs est d'une grande importance.

Girou de Buzareingues demande surtout du soin pour celui du père, et cela se comprend, puisque, d'après un tableau que j'ai mis sous vos yeux, la fille, suivant lui, ressemble plutôt à son père qu'à sa mère.

On peut rapporter au même groupe de faits la transmission de certaines habitudes acquises. On connaît au cheval quatre allures : le pas, le trot, le galop et l'amble ; il est vrai que, suivant certains auteurs, le pas et le galop seraient les seules qui fussent naturelles. Que le trot soit ou non un caractère artificiel, il est incontestable que l'amble, allure naturelle de *certains animaux*, est pour le cheval le résultat de l'éducation. Or, dans l'Amérique du Sud, il y a des races domestiques de chevaux qui marchent l'amble de père en fils. Après y avoir été dressés, ils finissent par s'y conformer naturellement. Bien plus, M. Roulin a retrouvé le même caractère chez certains chevaux libres. Ils avaient donc conservé pendant un nombre indéfini de générations une qualité que l'action de l'homme avait imposée à leurs ancêtres domestiques.

Nous en dirons autant des caractères psychologiques. Ils ne sont pas moins que les autres sous l'empire de la sélection. Nous avons vu ce que Huzard et Buffon disent du cheval. Le premier voudrait que l'on écarte de la production tout cheval d'une humeur simplement sauvage. Ajoutons que tous les naturalistes s'accordent pour reconnaître au cheval une intelligence bien supérieure à celle qu'annoncerait le développement peu considérable de son cerveau. Voici comment Dugès se prononce sur cette anomalie : « Nous ne doutons pas que cet avantage ne provienne d'une transmission héréditaire des dispositions produites par l'éducation. » Je ne puis, pour ma part, que me ranger à cette opinion.

A plus forte raison, le chien nous fournirait-il bien des faits à l'appui des mêmes conclusions. Je me borne à vous rappeler que la sélection était le grand moyen employé par Knight pour obtenir toutes ces races à instincts si différents, sur lesquelles j'ai, il n'y a pas longtemps, appelé votre attention.

Les exemples que je viens de vous citer suffisent pour mettre hors de doute la puissance de la sélection. Nulle part elle n'apparaît d'une manière plus frappante que dans ces races issues d'un seul individu, constituant une variété isolée et apparue on ne sait comment. Je vous ai cité les ancons et les mauchamp. L'ancon est un mouton à corps allongé et à pattes courtes et torses, qui rappelle les caractères du basset. Le mauchamp est encore un mouton dont la laine s'est transformée en une véritable soie. Dans les deux cas, c'est un bélier qui a, le premier, présenté isolément ces caractères exceptionnels. Il est bien évident qu'abandonné à lui-même, il aurait donné quelques rejetons semblables à lui ; mais, à chaque génération, la part de sang exceptionnel aurait diminué et se serait trouvée en lutte avec une part plus grande de sang normal. Aussi le caractère de la variété n'eût-il pas tardé à disparaître après un petit nombre de générations.

Mais la sélection est intervenue ; on a marié entre eux, parmi les descendants du bélier unique, ceux qui présentaient au plus haut degré le caractère paternel. En dix ans, la race ancon s'est trouvée constituée ; en vingt ans, la race mauchamp avait déjà donné deux sous-races distinctes.

La sélection, vous venez de le voir, est avant tout un procédé industriel, mais elle constitue en même temps une expérience scientifique de la plus haute valeur. Elle aurait, à ce point de vue, une importance plus grande encore si, la poussant en tous sens, on cherchait à tirer d'une espèce animale tous les extrêmes qu'elle peut fournir. Il y aurait certes là de quoi tenter un physiologiste et le déterminer à entrer dans cette voie encore nouvelle de la science.

Telle qu'elle nous est connue, la sélection donne lieu à trois conclusions d'une importance capitale et sur lesquelles j'appelle toute votre attention.

1° Toutes les races d'une même espèce ne se prêtent pas à des modifications identiques. Les mêmes soins et les mêmes procédés appliqués à des races différentes conduisent à des résultats différents. Bakewell et les frères Collins avaient sans doute le même but, ils avaient en vue les uns et les autres la création du bœuf le plus arrondi de formes, le mieux musclé aux dépens de son ossature, et dont l'engraissement fût le plus rapide ; mais le premier est parti de la race *longues cornes* (*long horn*), et les seconds de la race *courtes cornes*. Cette divergence des points de départ a entraîné la divergence des points d'arrivée. L'un a produit le dishley, les autres le durham. Les procédés étaient d'ailleurs les mêmes de part et d'autre, le *breeding in andin*, et des deux côtés on peut dire que l'intelligence et l'habileté étaient égales aussi.

Nous retrouvons donc, dans ces races si énergiquement remaniées par l'industrie, les faits que nous avons constatés à propos des races libres, chez les chiens marrons entre autres. Les races domestiques étant différentes, les races libres correspondantes le sont également. Car la race définitive est une résultante qui doit varier du moment que toutes les composantes ne sont pas identiquement les mêmes.

2° Autre conclusion non moins importante : dans une même race, tous les caractères ne se modifient pas avec la même facilité. Voici ce que dit à ce sujet un amateur de pigeons fort distingué, sir John Sebright : « En trois ans, je puis produire n'importe quel plumage qui m'aura été indiqué ; mais il me faut six ans pour façonner une tête ou un bec. » Ainsi, dans le second cas, la transformation exige un temps double de celui qu'elle nécessite dans le premier.

3° Enfin certaines races conservent des caractères que rien ne peut leur enlever. Ainsi Bakewell n'a jamais pu faire perdre au dishley son ossature forte et sa lenteur d'engraissement. C'est que la nature des *long horn* s'opposait essentiellement à ces deux déviations. Les efforts cependant ont été

donner lieu, au sujet des longues cornes et des courtes cornes, à une lutte acharnée dans laquelle la victoire est restée, pour les raisons que je vous ai dites, aux courtes cornes, représentées par le durham.

Ces résultats, je vous le répète, méritent toute votre attention. Nous en trouverons bientôt l'application, et vous comprendrez mieux alors comme quoi c'est pour les avoir oubliés que les polygénistes ont cru voir des objections précisément dans les faits qui nous serviront de preuves.

Dans la sélection, vous le voyez, tout repose sur l'hérédité. Jusqu'ici nous sommes restés à ce point de vue, dans le premier cas dont nous avons parlé dans une leçon précédente, et qui est celui où le père et la mère présentent également les caractères qu'on veut fixer, et concourent, par conséquent, à les reproduire dans leurs descendants. Cependant, lorsqu'on prend des individus qui, tout en appartenant à une même race, ne sont point parents entre eux, l'hérédité directe peut se trouver en lutte avec l'hérédité alternante. De plus, les tendances à l'atavisme de chaque individu peuvent aussi se combattre.

De là résulte la nécessité d'employer parfois l'amélioration en famille. Les avantages de ce procédé, au point de vue qui nous occupe, s'expliquent en effet bien aisément. Le père et la mère transmettent à leurs enfants non-seulement les progrès déjà réalisés dans la voie où l'on veut engager la race nouvelle, mais encore les tendances naturellement communes à des frères et à des sœurs. Ici l'hérédité directe, l'hérédité alternante et l'atavisme, loin de se combattre mutuellement, font converger vers le même but des actions auxquelles la parenté donne d'avance la même direction.

Mais vous comprenez en même temps le danger de cette pratique. On exagère rapidement certaines tendances, certaines facultés. Il en résulte une rupture inévitable de l'équilibre physiologique, qui entraîne à son tour l'amoindrissement, sinon la disparition de certaines fonctions et de certaines facultés. Le durham, par exemple, serait un très-mauvais bœuf de trait ou de labour, tandis qu'il est excellent pour la boucherie. Les races grasses se reproduisent fort peu, et parfois même sont complétement stériles. Nous avons vu que, chez les végétaux, la multiplication exagérée de certains organes aboutissait au même résultat.

Ces faits, qu'il est facile d'expliquer en théorie, suffisent pour justifier ceux qui attaquent les mariages consanguins. La question de leur innocuité, selon les uns, ou au contraire des graves dangers qu'ils présentent selon les autres, a été très-vivement discutée à la Société d'anthropologie. Les deux opinions y comptaient d'éminents champions, et, de part et d'autre, des chiffres et des faits ont été invoqués. Ainsi, au point de vue des documents et de la statistique, la question peut-elle être regardée comme douteuse ; mais les lois les plus élémentaires de la physiologie nous font, pour ainsi dire, toucher du doigt le danger des unions consanguines, et justifient, par conséquent, les prescriptions civiles et religieuses, qu'on retrouve à ce sujet dans toutes les civilisations.

Peut-être trouvez-vous que j'insiste trop sur des considérations relatives aux animaux et aux végétaux. Mais, encore une fois, c'est pour avoir oublié, ou tout au moins négligé les faits que je viens de vous présenter, que les polygénistes n'arriveront jamais à se rendre compte des phénomènes analogues dont la nature humaine est le théâtre.

mesure de répondre aux objections qui pourraient nous être posées, nous pouvons aborder pour l'homme l'étude des actions du milieu et de l'hérédité.

ARMAND ANGLIVIEL.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

La Société botanique de France a tenu le mois dernier une session extraordinaire à Pau. Nous extrayons du discours d'ouverture du président, M. le comte Jaubert, le passage suivant, dans lequel il décrit la végétation pyrénéenne :

Nous voici donc, pour la seconde fois, en face de cette splendide chaîne des Pyrénées, qu'en 1864 nous avons abordée par son centre. Tous les climats y sont échelonnés, toutes les cultures la décorent : à ses pieds, vers l'est, l'olivier et même l'oranger ; vers l'ouest, le prolongement de la végétation bretonne, au travers de la région des vignes. C'est à cette dernière zone qu'appartient une espèce de chêne que notre vénérable et regretté confrère, Jacques Gay, a distingué avec raison dans le groupe des Chênes liége, son *Quercus occidentalis*, semblable à beaucoup d'égards aux autres, par la nature de l'écorce et du feuillage, différant non-seulement par certaines particularités de sa cupule, mais surtout par le temps, d'une année plus long, nécessaire à la maturation de ses fruits. L'opinion de Jacques Gay a été adoptée par le savant monographe des chênes, M. Alphonse de Candolle, sous le double rapport de la nomenclature et de la géographie botanique. Signaler en France, dans un genre vulgaire et de haute taille, une espèce vraiment nouvelle et bien tranchée, était une bonne fortune pareille à celle de M. Boissier, lorsqu'il découvrit dans la Sierra-Nevada d'Andalousie un sapin nouveau, son *Abies pinsapo*, devenu l'un des ornements de nos jardins.

Dans un groupe plus humble, celui des *Béraniacées*, notre respectable confrère, M. Manescau, n'a guère été moins heureux le jour où sa sagacité a doté la flore pyrénéenne d'une bonne espèce, l'*Erodium Manescavi*. Nous la cueillerons bientôt, d'après ses indications, sur le chemin des Eaux-Bonnes.

Partout, les Pyrénées sont bordées d'une ceinture de prairies que l'art des irrigations s'applique chaque jour à étendre pour n'avoir plus rien à envier à la Lombardie. Plus haut, les beaux pâturages et les forêts ; au-dessus, les pics neigeux, dont les abords, presque aussi riches en plantes alpines que les Alpes elles-mêmes, recèlent un certain nombre d'espèces spéciales à cette partie du domaine de la flore française. Deux d'entre elles, découvertes dans ces derniers temps, méritent une mention particulière : l'une, le *Phyllodoce taxifolia*, échappée de la Scandinavie ; l'autre, le *Dioscorœa Pyreneaica*, trouvée d'abord par M. Bubani, qui l'a tenue en quelque sorte sous le boisseau, puis dénoncée à nos investigations par la Société botanique, et enfin recueillie d'une manière authentique par M. Bordère, instituteur à Gèdre, la seule espèce que nous possédions en Europe d'un genre nombreux dans les Andes et dans les montagnes de l'Inde.

Aucun pays ne fournit, d'ailleurs, à l'homme ni plus d'attraits ni plus de ressources appropriées à ses besoins. Partout, les sites les plus pittoresques, les eaux minérales les plus bienfaisantes et le choix entre toutes les températures. Les Pyrénées-Orientales rivalisent avec les rivages de Cannes et de Menton. Veut-on, à latitude égale avec le Languedoc et la Provence, un air plus adouci ? c'est à Pau qu'il faut fixer sa résidence d'hiver et de printemps. Lorsque Horace trace à notre imagination charmée le tableau du pays de Tarente,

Ver ubi longum, tepidasque præbet
Jupiter brumas, et amicus Aulon,
Fertili Baccho nimirum Falernis
Invidet uvis

(OD., II, 6),

ne vous semble-t-il pas que vous goûtez les délices du climat de Pau, et que vous avez sous les yeux les coteaux de Jurançon ?

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 45 — 10 OCTOBRE 1868

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS.

M. DUMAS

(Secrétaire perpétuel de l'Académie).

Les idées de Newton sur l'affinité.

Quelle est la force qui détermine les corps simples à s'unir à d'autres corps simples pour former des composés : les acides aux bases pour produire des sels ; la chaux vive à l'eau pour faire la chaux éteinte ; le charbon à brûler dans l'air, le fer à s'y couvrir de rouille ?

Cette force, on ne la connaît pas. On sait seulement qu'elle ne s'exerce qu'au contact apparent des corps ; qu'elle devient insensible à des distances sensibles ; que si la masse des corps intervient dans les phénomènes qu'elle produit, c'est surtout leur nature qui exerce l'action prépondérante.

On la désigne sous le nom d'*affinité*.

Je ne me propose pas de retracer ici l'histoire de l'affinité depuis la première apparition de ce mot dans les doctrines de la chimie, il y a un peu plus de deux siècles. J'ai exposé ailleurs les interprétations successives que lui ont données Barchusen, qui, des premiers, s'en est servi ; Boerhaave, qui en a fixé le sens ; Geoffroy, qui a cru en découvrir les lois ; Berthollet, qui les a formulées réellement pour un grand nombre de phénomènes.

Je ne me serais même pas permis de placer sous les yeux de l'Académie ce fragment emprunté à l'exposé des derniers travaux des chimistes français, si, pour en faire comprendre la portée, je n'avais été conduit à les mettre en parallèle avec les principes établis par Newton à la suite des longues recherches auxquelles il s'était livré pour se rendre compte de la nature des réactions chimiques.

Mais ayant été amené de mon côté à rendre hommage à la puissance et à la fermeté de ses connaissances chimiques, il m'a semblé qu'au moment où elles étaient signalées par notre illustre doyen à l'attention des savants, à l'occasion des études philosophiques du plus haut intérêt qu'il communique à l'Académie, il me serait permis de devancer de quelques semaines une publication où elles jouent un rôle important.

Newton, cela est connu, avait fait de nombreuses expériences de chimie qui ont été perdues. Les conclusions qu'il en avait tirées ont été résumées par lui-même. Elles ont servi de base à la doctrine chimique de Bergmann et à celle de Buffon, qui, par un emploi prématuré des principes de Newton, n'ont pas peu contribué à éloigner les chimistes de leur accorder le respect qu'ils méritent. Aussi le nom de Newton a-t-il disparu des traités de chimie, et je pense avec M. Chevreul, ainsi que M. Trouessart, qu'il doit y être rétabli, comme ayant le premier bien compris la nature de l'affinité.

Lavoisier, contemporain de Buffon, mais plus réservé que lui sur une matière dont les difficultés lui étaient mieux connues, ne s'est jamais expliqué d'une manière expresse au sujet de l'affinité. Il considérait même cette branche de la science comme trop élevée pour être à la portée des chimistes de son temps, et il leur conseillait, avant de s'en occuper, d'asseoir sur une base solide les éléments de la chimie, de même, dit-il, qu'on fixe avec certitude les principes de la géométrie élémentaire avant d'aborder les difficultés de la géométrie supérieure.

Lavoisier, ajournant l'étude de la force qui produit les phénomènes chimiques, avait donc concentré son attention sur le rôle de la matière pondérable. Il avait considéré, sans doute, la chaleur dégagée ou absorbée dans les réactions des corps comme un phénomène fondamental dont la mesure était aussi nécessaire à leur explication que la détermination du poids des substances employées et des substances obtenues, mais on ne voit pas qu'il ait considéré cette chaleur comme l'expression de la force chimique.

Matière pondérable, chaleur, attraction moléculaire : voilà les trois termes auxquels Lavoisier a eu recours et dont il s'est contenté pour l'explication des phénomènes chimiques. Il a soumis la matière et la chaleur dans leurs déplacements aux mesures les plus exactes et les plus délicates. Il a laissé l'attraction à l'écart comme une notion inaccessible à l'expérience et ne pouvant donner lieu de son temps qu'à des hypothèses inutiles.

Lavoisier avait donc admis l'attraction chimique, l'affinité, et n'en avait pas cherché l'explication. En cela, il s'était trouvé d'accord avec Newton. Ce grand homme énonçait, en effet, de la manière suivante, le résultat de ses travaux et de ses réflexions sur les phénomènes chimiques près d'un siècle auparavant, montrant par la précision des détails et la profondeur des vues que les humbles études pratiques du laboratoire lui étaient aussi familières que les conceptions les plus élevées de la mécanique céleste.

« Les petites particules des corps, dit-il, n'ont-elles pas certaines vertus, puissances ou forces, au moyen desquelles elles agissent à certaines distances, non-seulement sur les rayons de la lumière pour les réfléchir, les rompre et les infléchir, mais encore les unes sur les autres ? C'est une chose connue que les corps agissent les uns sur les autres par les attractions de la gravité, du magnétisme et de l'électricité ; ces exemples qui nous montrent l'ordre et les procédés que suit la nature, nous montrent aussi qu'il peut y avoir d'autres puissances attractives.

sion ou par d'autres moyens qui nous sont inconnus. Je n'emploie ce mot d'*attraction* que pour désigner en général une force quelconque par laquelle les corps tendent réciproquement les uns vers les autres, quelle qu'en soit la cause.

» Car, c'est par l'étude directe des phénomènes de la nature que nous devons apprendre quels corps s'attirent réciproquement, et quelles sont les lois et les propriétés de cette attraction, avant de rechercher la cause efficiente qui la produit.

» Les attractions de la gravité, du magnétisme et de l'électricité s'étendent jusqu'à des distances fort sensibles ; aussi tombent-elles sous les sens et la perception même du vulgaire. Mais, il peut y avoir d'autres attractions qui s'arrêtent à de si petites distances, qu'elles ont échappé jusqu'ici à toute observation, et peut-être que l'attraction électrique peut agir à ces sortes de petites distances, même sans être excitée par le frottement. »

Newton explique par cette attraction la propriété qu'ont certains sels de prendre l'eau à l'air et la difficulté qu'on éprouve à en séparer cette eau par la chaleur ; de même l'absorption de la vapeur d'eau par l'acide sulfurique et la chaleur développée par le mélange de cet acide avec l'eau :

« Si l'acide du vitriol chasse du sel marin ou du nitre les acides qui y sont contenus, c'est qu'il est plus vivement attiré qu'eux par leur alcali fixe, lequel, n'étant pas capable de retenir deux acides à la fois, laisse échapper le sien.

» Si la potasse précipite les dissolutions métalliques, c'est que les particules acides sont plus fortement attirées par l'alcali que par le métal.

» Si une dissolution de cuivre dissout le fer et laisse aller le cuivre ; si une dissolution d'argent dissout le cuivre et laisse aller l'argent, etc., n'est-ce pas que les particules acides sont plus attirées par le fer que par le cuivre, par le cuivre que par l'argent ?

» Les métaux rongés par un peu d'acide se changent en rouille, terre insipide et qui ne peut être dissoute par l'eau. Cette terre infusée dans un peu plus d'acide devient un sel métallique. Certaines pierres dissoutes dans des menstrues convenables deviennent des sels. Tout cela ne montre-t-il pas que les sels sont composés d'une terre sèche et d'un acide aqueux unis ensemble par attraction, et que la partie terreuse ne peut devenir sel, si l'on n'y ajoute une quantité d'acide assez grande pour qu'elle puisse ensuite être dissoute par l'eau ? »

Je ne pense pas qu'aucun chimiste contemporain de Newton ait possédé la notion juste et saine des principes de la chimie que résument ces lignes. Il est douteux que de son temps on en ait compris la force et la portée.

On peut donc considérer, non comme de vaines hypothèses, mais comme le fruit d'une expérience très-avancée, de longues et substantielles études, les réflexions suivantes de Newton :

« Les plus petites particules de matière peuvent être unies par les plus fortes attractions et composer des particules plus grosses dont la force attractive sera moins considérable : plusieurs de ces dernières peuvent s'unir, à leur tour, et composer des particules plus grosses dont la force attractive soit encore moins considérable, et ainsi de suite, en continuant la série, jusqu'à ce que la progression finisse par les plus grosses particules d'où dépendent les phénomènes chimiques et les couleurs des corps naturels. Jointes ensemble, ces dernières tombent sous les sens.

» Les différents degrés de fluidité, de volatilité ou de fixité dépendront de la plus ou moins grande force d'union des parties ou de leur plus ou moins grande grosseur.

» Puisque les métaux, ajoute encore Newton, dissous dans les acides n'attirent à eux qu'une petite partie de l'acide, il est clair que leur force attractive ne s'étend qu'à de petites distances. Et comme, en algèbre, les quantités négatives commencent là où s'évanouissent et finissent les positives, de même, en mécanique, la force répulsive doit commencer à se manifester là où la force attractive vient à cesser.

» S'il en est ainsi, la marche de la nature sera simple et toujours conforme à elle-même. Elle accomplira tous les grands mouvements des corps célestes par l'attraction de gravité qui est mutuelle entre tous ces corps, et elle accomplira presque tous les mouvements de leurs particules par une autre force attractive et répulsive qui est aussi mutuelle entre ces particules.

» Il y a dans la nature des agents capables d'unir les particules des corps, et c'est à la philosophie expérimentale à découvrir ces agents. »

Newton admet, enfin, qu'« à l'origine des choses, Dieu forma la matière de telle façon que ses particules primigènes, dont devait sortir par la suite toute nature corporelle, fussent solides, fermes, dures, impénétrables et mobiles ; avec telles grandeurs et figures, et, en outre, telles propriétés, et tel nombre et en telle proportion qu'il convenait, à raison de l'espace où elles devaient se mouvoir, et de manière qu'elles pussent le mieux atteindre les fins pour lesquelles elles étaient formées.

» Par cela même que ces particules primigènes sont complétement solides, elles sont incomparablement plus dures qu'aucun des corps composés. Elles ne peuvent être ni usées, ni fractionnées. »

De même, qu'il serait difficile de définir mieux que ne le faisait Newton l'attraction moléculaire, à laquelle se rapporte l'affinité chimique, de même, la définition qu'il donne des atomes serait encore aujourd'hui la meilleure introduction à l'exposé des idées qu'il est possible de se former des atomes de la chimie actuelle, qui se confondent avec les particules qu'il nomme *primigènes*. Les chimistes du temps présent éludent, il est vrai, la difficulté, en laissant dans le vague tout ce qui concerne la nature de l'affinité ou celle des atomes. Ils obéissent ainsi aux habitudes louables de leur esprit, préférant se taire sur des sujets où manque la certitude ; mais cette réserve n'est pas sans inconvénient, car ceux qui commencent l'étude de la chimie essayent naturellement de suppléer au silence du maître sur ces matières, les seules qu'on puisse aborder quand on est privé de laboratoire et qu'on n'est pas conduit à fixer toute son attention sur les détails des expériences et sur le maniement des appareils. Il n'est pas nécessaire d'ajouter qu'ils s'égarent, et que l'un des principaux obstacles à la diffusion des principes sains de la chimie tient peut-être à cette ignorance où le commençant est laissé sur la nature de la force qu'elle met en jeu et sur celle des atomes qu'elle considère.

« Les particules primigènes, ajoute Newton, ont en elles non-seulement la force d'inertie et sont soumises aux lois passives du mouvement qui résultent nécessairement de cette force, mais, de plus, elles reçoivent perpétuellement le mou-

vement de certains principes actifs, tels que la gravité, la cause de la fermentation et de la cohérence des corps. »

Je termine ces citations par quelques lignes dans lesquelles Newton expose la vraie philosophie des sciences :

« Dire que chaque espèce de choses est douée d'une qualité occulte spécifique, par laquelle elle a une certaine puissance d'agir et de produire certains effets sensibles, c'est ne rien dire du tout. Mais déduire des phénomènes de la nature deux ou trois principes généraux de mouvement, et faire voir ensuite comment les propriétés et les actions de toutes les choses corporelles découlent de ces principes constatés, ce serait faire un grand progrès dans la philosophie, quoique les causes de ces principes eux-mêmes ne fussent pas encore connues.

» Sur ce fondement, je ne fais pas difficulté, dit-il comme *conclusion*, de proposer les principes de mouvement dont j'ai parlé, parce que la nature entière les révèle de la manière la plus évidente, mais je laisse à d'autres le soin d'en découvrir les causes. »

Sans résoudre la question posée par Newton, plus tard Berthollet découvrit au moins un de ces principes généraux de mouvement dont l'application aux réactions fondamentales des sels les uns sur les autres, des acides et des bases sur les sels, constitue ce qu'on désigne sous le nom de *lois de Berthollet*.

Si l'on mêle, par exemple, du nitrate de chaux et du sulfate de soude, l'un et l'autre en solution dans l'eau, il se dépose du sulfate de chaux, et la liqueur retient du nitrate de soude.

Berthollet attribue avec raison l'échange de base et d'acide qui s'est opéré, non à de plus énergiques affinités, mais à la faible solubilité du sulfate de chaux. Il fait voir qu'en général, lorsqu'on mêle deux solutions salines et que l'un des quatre sels susceptibles de prendre naissance est insoluble, celui-ci se forme, se dépose et détermine ainsi la production du sel correspondant complémentaire.

Berthollet attribue à la cohésion plus grande du sel insoluble la cause qui détermine sa formation ; mais lorsqu'on essaye de préciser à quels signes il reconnaît si la cohésion d'un sel est plus ou moins considérable, on est forcé d'accepter la solubilité et l'insolubilité elles-mêmes comme les seuls indices de la faiblesse ou de l'intensité de la cohésion. Aussi, dans l'exposé des lois de Berthollet, s'est-on contenté depuis longtemps de dire que, dans le mélange de deux solutions salines, si le sel insoluble possible se forme et se dépose, c'est parce qu'il est insoluble.

J'ai reconnu cependant que Newton avait signalé avec une rare prévoyance la plus ou moins grande force d'union des parties comme une des causes déterminantes de la fluidité ou de la fixité ; car ce que Berthollet désigne sous le nom de *cohésion* consiste réellement en une diminution de volume, en un accroissement de densité, comme mes études sur les volumes atomiques le constatent.

Vient-on à comparer, par exemple, la magnésie, la chaux, la strontiane et la baryte dans leurs rapports avec l'acide sulfurique, on trouve que la condensation des éléments va en croissant du sulfate de magnésie au sulfate de baryte. Elle est au minimum dans le sulfate de magnésie, celui de ces quatre sulfates que l'eau dissout facilement ; au maximum dans le sulfate de baryte, tout à fait insoluble.

Tous les sulfates solubles sont comparables, sous ce rapport, au sulfate de magnésie. Le sulfate de plomb, qui est insoluble, ressemble au contraire au sulfate de baryte.

La même relation s'observe entre le chlorure d'argent, le calomel, le chlorure de plomb et le sublimé corrosif. La condensation des éléments est au maximum dans le premier de ces corps, qui est le plus insoluble, au minimum dans le dernier, qui est le plus soluble.

L'iodure d'argent est plus condensé que le bromure, et celui-ci l'est plus que le chlorure du même métal, ce qui s'accorde avec les solubilités respectives de ces trois corps dans l'ammoniaque liquide.

Lorsqu'il s'agit d'un acide soluble dans l'eau, les acides qu'il forme avec les bases, pour un même état de saturation, sont d'autant plus solubles, que l'acide s'est moins éloigné de son état primordial, c'est-à-dire que la condensation est plus faible, et d'autant moins soluble que celle-ci est plus forte.

Les phénomènes de double décomposition sont toujours déterminés par la production du composé le plus condensé et par sa précipitation.

Ainsi, une plus grande force d'union entre les parties, laquelle a pour mesure le rapprochement de celles-ci, c'est-à-dire leur condensation, est un signe d'insolubilité, comme le prévoyait Newton, une preuve d'accroissement de cohésion et une cause de double décomposition, comme le professait Berthollet.

Mais pourquoi cette condensation est-elle plus grande dans les sulfates de baryte et de plomb, et moindre dans les sulfates de magnésie et de cuivre ? Pourquoi les phosphates sont-ils généralement insolubles, tandis que les nitrates et tous les acétates sont solubles ? Nous l'ignorons, et si, pour répondre à de telles questions, il n'est pas nécessaire peut-être d'arriver à la connaissance absolue de la nature de l'affinité, du moins est-il indispensable d'en pénétrer plus profondément les lois.

Lavoisier ne s'était jamais expliqué au sujet de l'affinité ; Newton voulait qu'avant d'en chercher la nature, on fit une étude approfondie des lois auxquelles elle obéit. Mais le point de vue réservé qui avait été choisi par ces deux grands hommes fit place, au commencement de ce siècle, à un point de vue nouveau : ils comparaient l'un et l'autre l'attraction chimique ou moléculaire à l'attraction générale. Davy, Œrsted, Ampère, Berzelius, notre confrère M. Becquerel, et leurs imitateurs, essayèrent de la rattacher spécialement aux attractions électriques, ou même de la confondre avec ces forces.

Une théorie électro-chimique propre à rendre compte des effets de l'affinité eût semblé impossible tant que l'électricité statique seule était connue des physiciens ; mais la découverte de Volta et l'étude des propriétés de l'électricité dynamique ouvrirent une voie nouvelle. Il paraissait naturel de supposer un lien étroit, par exemple, entre la force de l'étincelle, qui détermine la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène pour la formation de l'eau, et celle de la pile, qui, opérant silencieusement et sans relâche la décomposition de ce liquide, amène l'hydrogène au pôle négatif et l'oxygène au pôle positif.

En renversant le mode d'action de l'électricité décomposante fournie par la pile, ne devait-on pas obtenir la représentation la plus naturelle de la force attractive qui unit les éléments de l'eau ?

Davy essaya le premier de donner, au moyen de l'électricité, une explication des effets permanents dus à l'attraction chimique et des phénomènes passagers qui accompagnent la

combinaison des corps. Il supposait qu'au contact d'un acide et d'une base, leurs particules se chargent d'électricités contraires, et qu'au moment de la combinaison ces électricités se réunissent tout à coup. Le composé formé, la lumière ou la chaleur développées au moment de la combinaison, s'expliquent facilement dans cette hypothèse.

Davy suppose donc que c'est l'attraction qui lie les particules des corps; mais qu'en mettant en contact du soufre et du cuivre, par exemple, ils prennent des états électriques opposés; qu'en les chauffant, les tensions électriques s'exaltent; qu'enfin, les deux fluides électriques arrivés à une tension trop forte s'attirent et se confondent, produisant de la chaleur et de la lumière, tandis que le soufre et le cuivre, rapprochés par ce conflit, demeurent soudés par l'attraction, formant ainsi le sulfure de cuivre.

Ampère, modifiant cette hypothèse, considère les atomes comme étant doués d'une électricité propre et comme étant entourés d'une atmosphère électrique de nom contraire. Ce sont les atmosphères électriques qui, en se neutralisant, produisent la lumière et la chaleur; ce sont les électricités propres aux atomes qui produisent les combinaisons par leur action mutuelle. Ampère n'a donc pas besoin de faire intervenir l'attraction générale; il explique par le jeu d'une seule force les phénomènes passagers et les phénomènes permanents de l'action chimique. Mais Ampère eût volontiers cherché dans l'électricité la cause de l'attraction universelle elle-même.

Enfin, Berzelius considère les molécules comme étant non-seulement électrisées, mais comme étant polarisées.

Ces diverses conceptions n'ont eu qu'une seule conséquence pratique. Davy, convaincu que la force qui réunissait les éléments des corps composés était de nature électrique, en conclut qu'en opposant à l'électricité de combinaison l'électricité de décomposition fournie par la pile, on analyserait tous les corps. Augmentant, en conséquence, la puissance voltaïque dont il disposait, il parvint à isoler les métaux des alcalis, ceux des terres, le bore et le silicium.

Après ce grand événement, les théories électro-chimiques n'ont plus rien appris qui fût propre à guider les chimistes, soit sur la nature de l'affinité, soit sur les lois qui en règlent l'intervention dans la formation ou dans la destruction des corps.

Il est resté démontré seulement que toute action chimique est accompagnée d'un mouvement électrique, et que toute combinaison chimique conductrice peut être disjointe, lorsqu'elle est placée entre les deux pôles d'une pile. Les métaux sont toujours amenés au pôle négatif, l'oxygène constamment au pôle positif, et les autres corps à l'un ou à l'autre des deux pôles, selon la nature des composés dans lesquels ils sont engagés.

Quand deux corps se combinent, il y a dégagement d'électricité, et quand deux corps se séparent, il y a absorption d'électricité.

Combien se produit-il d'électricité quand deux corps se combinent? Combien en consomme la séparation de ces mêmes corps? Ces deux questions ont été l'objet d'un examen attentif; les découvertes de Faraday et de M. Edmond Becquerel sur cette matière importante, ainsi que les travaux poursuivis par M. Favre dans la même voie, les ont éclairées d'un jour nouveau, en définissant avec précision les équivalents électriques, mais n'ont pas fourni aux chimistes une doctrine de l'affinité.

Après avoir reconnu que l'espoir de représenter l'affinité dans sa cause et dans ses effets comme une action purement électrique ne se réalisait pas et ne conduisait à aucune conception pratique, j'en étais revenu, dans les derniers cours que j'ai eu l'honneur de professer à la Faculté des sciences, au point de vue suivant.

Acceptant l'affinité comme un fait, je constatai : 1° que la combinaison semblait possible tant que les corps mis en présence pouvaient dégager de la chaleur en agissant l'un sur l'autre, mais qu'à mesure que la combinaison se compliquait, la chaleur dégagée allait s'affaiblissant; 2° que pour séparer les corps combinés, il fallait leur restituer la chaleur qu'ils avaient perdue au moment de la combinaison.

Ainsi, et en prenant comme exemple la formation et la destruction de l'alun, je mettais en parallèle les faits suivants:

Potassium et oxygène = potasse. — Vive chaleur et vive lumière.

Aluminium et oxygène = alumine. — Vive chaleur et vive lumière.

Soufre et oxygène = acide sulfureux et sulfurique. — Chaleur et lumière.

Potasse et acide sulfurique = sulfate de potasse. — Chaleur.

Alumine et acide sulfurique = sulfate d'alumine. — Chaleur.

Sulfate de potasse et sulfate d'alumine = alun. — Chaleur.

Alun et eau = alun cristallé. — Chaleur faible.

Passé ce terme, la combinaison devient impossible, comme on sait, et l'alun cristallisé semble le dernier produit réalisable de cet ordre de composés.

Réciproquement :

L'alun cristallisé, chauffé à 120 degrés, devient anhydre.

L'alun anhydre, chauffé au rouge, se convertit en acide sulfureux, oxygène, alumine, sulfate de potasse.

L'acide sulfureux, le sulfate de potasse et l'alumine, *portés* à des températures extrêmes, se convertissent *eux-mêmes en* oxygène, soufre, potassium et aluminium.

Les éléments qui se combinent pour former un composé chimique perdent donc de la chaleur. Les éléments d'un composé chimique qui se séparent ont donc besoin d'être portés à une température d'autant plus haute qu'ils ont émis plus de chaleur en s'unissant. Tout indique qu'ils recouvrent ainsi la chaleur qu'ils avaient perdue, et qu'ils la conservent jusqu'à ce qu'ils entrent de nouveau en combinaison.

La chaleur étant considérée comme un mouvement, la combinaison consisterait donc en une diminution de mouvement; elle cesserait d'être possible, lorsque les molécules du composé n'auraient plus de mouvement à perdre.

Quelle que soit la nature de cette intervention de la chaleur dans la formation et dans la destruction des composés chimiques, il faut y voir la somme et l'expression de toutes les forces mises en jeu pour la production successive des divers agglomérats d'une combinaison ou pour leur désagrégation. C'est donc avec un grand sentiment de la vraie nature des phénomènes chimiques que Lavoisier, dans ses équations, plaçait la chaleur au même rang que la matière, et qu'il mettait un si grand prix aux études de calorimétrie qui l'ont tant occupé.

L'extension que M. Regnault leur a donnée en ce qui touche les chaleurs spécifiques, et celle qu'elles ont reçue de M. Favre en ce qui concerne le dégagement de la chaleur

au moment de la combinaison, préparent la chimie à passer de l'époque où elle n'envisageait que la matière à celle où elle prendra la force en considération.

Les nouvelles recherches auxquelles a donné lieu la théorie mécanique de la chaleur ont révélé à l'attention des chimistes la théorie mécanique de la chimie formulée par Jules-Robert Meyer. Ce profond physicien considère les phénomènes chimiques comme dus à une force attractive qui précipite les atomes les uns vers les autres. Leur choc, au moment du rapprochement, produirait la chaleur, l'électricité, la lumière. L'union des atomes une fois produite, il faudrait, pour en opérer la séparation, faire intervenir des forces moléculaires capables de les éloigner les uns des autres et de les porter à la limite où l'attraction, devenant nulle ou même négative, cesserait d'agir ou se changerait en répulsion.

On se trouve ainsi ramené aux vues simples de Newton et de Lavoisier. La combinaison chimique s'opère entre les corps pondérables. Ses effets permanents sont dus à l'attraction. Ses effets passagers sont dus aux pertes de mouvement que les atomes éprouvent au moment de leur union.

Cependant, l'attraction générale étant admise comme une représentation nécessaire et suffisante de la force qui détermine les combinaisons chimiques, n'était-on pas conduit à effacer cette ligne de séparation depuis longtemps admise entre la cohésion et l'affinité? Ne convenait-il pas de voir une seule et même force, variant ses effets, dans les trois formes de l'agrégation : la *cohésion*, la *solution* et la *combinaison chimique?*

Non qu'il s'agisse de les confondre, car, leur cause première étant la même, il n'en serait pas moins indispensable de *modifier son application* dans ces trois circonstances, chacune d'elles ayant son caractère propre, distinct et persistant. De même qu'il serait toujours nécessaire de distinguer l'attraction générale de l'attraction moléculaire, il ne le serait pas moins de maintenir la distinction admise entre les trois formes de l'attraction moléculaire. Il n'est pas douteux pour moi que l'affinité elle-même, une fois connue dans sa cause, offrirait encore, dans sa manière d'agir sur les corps, l'occasion d'y reconnaître des modifications bien caractérisées, ainsi que l'a proposé depuis longtemps M. Chevreul.

Cependant, si l'action chimique, la force de dissolution et la cohésion sont de simples modifications de l'attraction générale, si elles ne constituent pas autant de forces spéciales, distinctes, ne doit-on pas s'attendre à voir l'affinité des chimistes, plus profondément étudiée, perdre son caractère particulier, devenir plus mécanique, se rapprocher peu à peu de ses deux congénères d'abord, et enfin de l'attraction planétaire elle-même.

Or, la cohésion, la force de dissolution, semblables en ce point à l'attraction générale, constituent des phénomènes continus. La théorie atomique range, au contraire, l'affinité parmi les phénomènes discontinus.

Berthollet, en cela, sans aucun doute, guidé par Laplace, familier lui-même avec la philosophie de Newton, à laquelle il avait donné la plus éclatante consécration, Berthollet a longtemps soutenu, comme on sait, que les corps peuvent se combiner dans toutes les proportions. Il aurait appliqué volontiers aux phénomènes chimiques et aux forces qui les déterminent l'axiome de Linné : *Natura non facit saltus*, qui semble fait pour les êtres organisés; et si son opinion eût été confirmée, l'affinité eût été rattachée plus étroitement à la cohésion et à l'attraction générale. Proust, qui soutenait le contraire, fit triompher son avis. La théorie atomique de Dalton, confirmée bientôt par les lois de Gay-Lussac sur les combinaisons des gaz, par les expériences de Wollaston sur les sels à divers états de saturation, par les immenses travaux de Berzelius, et surtout par les rapports simples et constants qu'il a signalés dans les sels du même acide et au même état de saturation, entre l'oxygène de la base et celui de l'acide, tous ces événements considérables ont contribué puissamment à maintenir, dans la pensée des chimistes, l'affinité comme ayant un caractère propre et comme n'ayant presque rien à emprunter à l'attraction générale.

En effet, quels liens établir entre cette attraction générale, agissant en raison des masses et en raison inverse du carré des distances; obéissant sans discontinuité à tous les changements quelconques de la masse, à toutes les variations quelconques de la distance, et l'affinité chimique?

Envisagée quant aux masses, l'affinité n'accepte pas que la combinaison puisse s'effectuer ni au-dessous d'un certain minimum, ni au-dessus d'un certain maximum. Entre les deux limites extrêmes, la théorie atomique, confirmée en cela par l'expérience universelle des chimistes, n'accepte pas non plus que les combinaisons puissent se multiplier à l'infini; loin de là, elle en borne le nombre, et elle n'admet que celles qui sont représentées par des atomes unis en rapports simples, représentés par des nombres entiers, comme 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3, 2 : 5, 2 : 7.

S'il est vrai que les expériences de MM. de Marignac et Debray aient rendu certaine l'existence de composés formés selon des rapports plus complexes, même dans la chimie minérale, rien n'indique cependant que leur formation ait lieu selon une loi de continuité, et que leur existence soit en désaccord, à cet égard, avec le principe fondamental de la théorie atomique.

Ainsi, l'action réciproque exercée par les atomes des corps, attractive à des distances insensibles, s'affaiblissant quand ils se séparent, devenant nulle ou même répulsive en changeant de signe, telle est encore, selon la définition de Newton, l'image la plus fidèle de l'affinité.

Mais, pour en concilier les effets avec les résultats incontestables sur lesquels la théorie atomique se fonde, il faut ajouter, avec Newton, que la figure des atomes doit être prise en considération. Il n'est pas difficile de comprendre, en effet, que l'action exercée par les convenances de la figure des atomes puisse limiter la production de leurs composés et les astreindre à se réunir selon des rapports simples, exprimés par des nombres entiers.

Ampère, dans sa jeunesse, avait proposé aux chimistes de son temps une doctrine des combinaisons chimiques, rappelant à la fois les principes de l'attraction newtonienne et les lois de la cristallographie; elle excita peu d'intérêt; elle ne représentait ni les idées absolues de l'affinité telle qu'on l'entendait alors, ni les idées du dualisme chimique tel que l'entendaient les interprètes de Lavoisier, ou du moins ceux qui, donnant à sa nomenclature toute la force d'une doctrine, avaient vu, dans la création d'un langage fait pour aider la mémoire par la logique, une représentation réelle de la constitution intime des corps composés.

Telle est, en effet, la puissance des formes du langage, qu'il est nécessaire de faire un effort sur soi-même pour comprendre, par exemple, que dans un oxyde ou dans un sulfure, il

se pourrait que le métal ne fût pas un corps maîtrisé, vaincu, subordonné, et que l'oxygène, le soufre, ne soient pas les corps dominants. De même dans les sels. La nomenclature française, irréprochable parce qu'elle se borne à faire connaître la nature des corps unis pour former un composé, n'a jamais voulu définir l'arrangement qu'ils affectent dans la combinaison une fois réalisée. Lui donner ce sens, c'est en dénaturer l'emploi et la fausser.

La nomenclature française a voulu interpréter une classification naturelle. Elle a d'abord distingué les éléments et les substances composées. Dans les dernières, elle a formé des genres et caractérisé des espèces. Les genres ont été définis par l'élément commun à toutes leurs espèces : l'oxygène pour les oxydes, le soufre pour les sulfures, les acides carbonique, nitrique, pour les carbonates ou les nitrates; les espèces, par chacune des substances formant le complément du composé : oxyde de fer, de zinc; sulfure de plomb, d'argent; carbonate de chaux, nitrate de potasse.

Les chimistes français ont procédé en naturalistes, et comme ils créaient un langage nouveau, il leur a été permis de rendre les noms des genres singulièrement significatifs en variant les désinences.

Mais rien n'indique, ni dans ce nouveau langage, ni dans l'exposé plein d'intérêt dans lequel Lavoisier en fait connaître l'origine et les principes, que, de sa part et de celle de ses collaborateurs, il y ait eu un autre but que celui qu'on vient de rappeler : ranger ensemble les composés qui ont un élément commun; indiquer quelles substances entrent dans chaque combinaison et dans quelle proportion. Quant à un arrangement moléculaire, à une constitution intime du composé, il n'en est pas question.

Aujourd'hui, on serait disposé à admettre que la théorie des combinaisons chimiques proposée par Ampère satisfait le mieux aux lois générales de la mécanique, puisqu'elle repose sur l'attraction universelle, et aux lois particulières de la chimie, puisqu'elle fait intervenir, comme élément déterminant et caractéristique de la constitution des composés, la forme de leurs molécules, qui contiendraient au moins quatre atomes chacune dans le cas où elles seraient tétraédriques et jusqu'à cinquante atomes pour d'autres solides.

Il ne serait pas équitable d'omettre, à côté du nom d'Ampère, celui de M. Gaudin. Les efforts de ce savant ingénieux, quelle que soit l'idée qu'on en prenne, au sujet de leur portée et de leur avenir, ont eu du moins ce résultat qu'ils ont amené les chimistes à tenir compte de certaines lois de symétrie dans l'ordonnance des formules des corps composés. Les corrections proposées par M. Gaudin, il y a quarante ans, en se fondant sur elles, ont été confirmées par l'expérience; elles ont préparé le remaniement des formules de tous les composés dont le carbone ou le silicium font partie, c'est-à-dire de toutes les combinaisons de la nature organique et de presque toutes celles dont l'étude constitue la minéralogie proprement dite.

La défense absolue du dualisme à outrance n'a plus conservé de partisans après les dernières luttes que Berzelius a soutenues avec un singulier éclat à la fin de sa vie, dans l'intérêt de cette doctrine.

Il est à remarquer que la théorie électro-chimique, considérant les éléments des corps comme obéissant aux deux forces électriques, et les matériaux de tout composé comme s'unissant, deux à deux, pour former par agglomérations successives, et toujours deux à deux, des combinaisons de plus en plus complexes, marchait d'accord avec la nomenclature française. Il ne faut donc pas s'étonner que l'emploi du système moléculaire proposé par Ampère, modifié par M. Gaudin, et généralement adopté avec diverses variantes par les chimistes qui, s'occupant de chimie organique, sont obligés de tenir compte des phénomènes de substitution, ait rendu à la fois moins ardente la poursuite d'une théorie électro-chimique précise et moins confiante l'interprétation trop absolue de la nomenclature française.

On est ainsi amené à conclure qu'en ce moment, d'une part, la recherche d'une théorie électrique de l'affinité n'occupe plus guère, quoique de belles et utiles applications de l'électro-chimie aient été accomplies dans ces dernières années et se poursuivent avec grand succès; d'autre part, qu'il n'est pas possible de représenter au moyen de la nomenclature dualistique les composés chimiques si multipliés qu'enregistre chaque jour le système moléculaire.

On se trouve ainsi ramené de plus en plus vers la recherche expérimentale des types chimiques comme base de la classification des composés, abstraction faite de toute hypothèse sur l'arrangement intérieur de leurs éléments, ce qui constitue le vrai fondement de la nomenclature française bien comprise.

On se trouve ramené en même temps vers la pensée qui attribue aux molécules des corps composés une constitution plus complexe que celle qui dériverait de la nomenclature binaire, et qui en fait des systèmes planétaires ou cristallographiques, offrant plusieurs centres de force, mobiles dans le premier cas, fixes dans le second.

On en revient enfin à la pensée qui rattacherait directement l'affinité à l'attraction universelle.

Les vues de Newton ont rencontré dans ces derniers temps un appui inattendu et considérable dans les belles et importantes recherches que notre éminent confrère M. *Henri* Sainte-Claire Deville a consacrées au phénomène *de la dissociation*, l'une des plus grandes acquisitions, non-seulement de la chimie, mais de la philosophie naturelle.

Dire, en effet, qu'un liquide volatil mis en rapport avec un espace libre le remplit de sa vapeur, et que la tension de celle-ci augmente ou diminue régulièrement d'une manière continue, selon que la température s'élève ou s'abaisse, rien n'est plus conforme assurément aux lois de la mécanique.

Mais dire que l'acide carbonique se sépare de la chaux de la même manière; constater qu'il existe une tension de décomposition analogue à la tension des vapeurs, et que l'évaporation d'un liquide ou la décomposition d'un carbonate s'effectuent en vertu des mêmes lois et offrent le même phénomène de continuité, c'est rattacher la combinaison chimique à la cohésion; c'est prouver que, sous certaines conditions, les lois qui président à l'agrégation ou à la séparation des molécules de la même nature sont également applicables, lorsqu'il s'agit de molécules de nature différente.

Sans affirmer que, dans tous les cas, la dissociation des composés offre les caractères d'un phénomène continu, il suffit que le cas soit fréquent, ainsi que l'ont prouvé les travaux de notre éminent confrère et ceux de ses élèves, pour qu'il soit permis d'assimiler les séparations moléculaires purement physiques et les séparations moléculaires chimiques, et pour qu'on ait le droit de rattacher désormais l'une à l'autre la

cohésion et l'affinité, et toutes les deux à l'attraction universelle.

Il résulte de cet exposé sommaire :

1° Que Newton a donné de l'affinité chimique une notion à laquelle on n'a rien ajouté, quand il l'a rattachée à l'attraction générale, et qu'il a montré comment à une certaine distance des centres d'action moléculaire, elle peut devenir nulle et même répulsive.

2° Qu'Ampère a donné à cette vue son complément : en montrant que la forme des composés met une limite au nombre de combinaisons que deux éléments peuvent produire et qu'elle détermine les rapports selon lesquels ils peuvent s'unir; en laissant même prévoir le facile remplacement des éléments les uns par les autres dans une molécule composée, sans que la stabilité de celle-ci en soit compromise.

3° Que Meyer a fait comprendre comment le choc des molécules se précipitant les unes sur les autres avec une vitesse extrême, pour produire les combinaisons, peut donner naissance aux phénomènes de chaleur, de lumière, d'électricité qui accompagnent l'action chimique.

4° Que M. Henri Sainte-Claire Deville, en découvrant le phénomène capital de la dissociation, a ouvert une voie nouvelle à la science, en rattachant les décompositions chimiques par un lien étroit au phénomène purement physique de la formation des vapeurs.

5° Enfin, que les doctrines à l'aide desquelles on a voulu expliquer les phénomènes chimiques par une cause distincte, inconnue, ou par l'électricité, sont demeurées stériles, tandis que celles qui tendent à les faire rentrer sous les lois de l'attraction universelle se consolident, se rapprochent de plus en plus des faits et indiquent de mieux en mieux la route du progrès.

Il serait donc naturel, équitable et utile que le nom de Newton, que les définitions qu'il donne tant de l'attraction moléculaire que des atomes chimiques, fussent conservés dans les ouvrages destinés à l'enseignement de la chimie.

Dans mon opinion, mais je la donne avec toute la réserve que de tels sujets exigent, la chaleur constitue la vraie mesure des énergies chimiques ; tandis que la lumière et l'électricité peuvent être considérées par le chimiste, quant à présent, plutôt, soit comme des agents dont il tire parti, soit comme des phénomènes dont il constate l'apparition.

La *matière* et la *chaleur*, telle serait encore, et comme au temps de Lavoisier, la définition des deux objets sur lesquels la pensée des chimistes devrait surtout être dirigée.

Le moment viendra, sans doute, où les lois auxquelles obéit l'attraction moléculaire étant connues elles-mêmes, on pourra prévoir ou expliquer la formation des composés, leur destruction, les préférences et les choix des éléments dans la formation des combinaisons, les affections spéciales dont les acides ou les bases témoignent dans la production des sels; mais, avant d'aborder ce dernier et difficile problème, il faut connaître autrement que par des suppositions le lien qui rattache la forme des cristaux d'une espèce chimique à l'arrangement des atomes dont le groupement constitue les molécules qui sont les matériaux de ces cristaux.

J'espère que l'Académie me pardonnera de l'avoir si longuement entretenue de ces considérations historiques, et qu'elle comprendra quels intérêts s'y rattachent.

Mon but serait atteint si, d'un côté, j'avais contribué à porter plus vivement encore l'attention des chimistes sur les rapports qui unissent les mouvements de la chaleur aux transformations de la matière, et si, d'un autre côté, j'avais montré que le principe de la nomenclature française n'est pas antipathique au classement et à la dénomination des composés de la chimie organique ou moléculaire.

Lavoisier, en proposant la nouvelle nomenclature, déclarait que la Commission, dont il était l'organe éloquent, « n'avait pas voulu se livrer à de grandes discussions sur les principes constituants des corps et sur leurs molécules élémentaires; qu'elle s'était éloignée des chimistes systématiques, toujours prêts à accompagner les faits d'un appareil de raisonnement qui fait perdre de vue le fait en lui-même, et entre les mains desquels la science devient un édifice élevé par leur imagination. »

Il déclarait enfin que la Commission « avait cherché à appliquer à la chimie cette logique qui appartient à toutes les sciences : le nom de *classe* ou de *genre* rappelant, dans l'ordre naturel des idées, les propriétés communes à un grand nombre d'individus, et celui d'*espèces*, les propriétés particulières à certains individus. »

Je ne sais si je m'abuse, mais il me semble, en outre, que ce duel des molécules antagonistes qu'on retrouve dans tous les phénomènes de la chimie, et que rappelle si bien la nomenclature française, demeure incontestable, et qu'il ne faut renoncer à le peindre que lorsqu'on y est forcé. Mais l'acte de la combinaison une fois accompli, le duel terminé, la nomenclature française ne prétend pas dire que les deux corps qui ont agi l'un sur l'autre aient conservé leur caractère distinct dans la molécule nouvellement formée et ne soient pas confondus dans un système complexe. C'est en cela que Berzelius, dépassant la pensée de Lavoisier, en exagérait le sens.

Ce n'est pas sans une légitime satisfaction qu'on a le droit de dire dans cette enceinte que, malgré les progrès qui ont métamorphosé le terrain de la science chimique, l'Académie n'a rien à regretter, ni sous le rapport de la doctrine, ni sous le rapport du langage, de ce que nos illustres prédécesseurs avaient fondé avec tant de prudence, de sagesse et même de génie.

DUMAS.

M. CHEVREUL.

Après avoir entendu la lecture des remarques de M. *Dumas* sur l'affinité, M. *Chevreul* exprime sa satisfaction de l'accord existant sur plusieurs points principaux entre les opinions de M. le Secrétaire perpétuel et les siennes.

M. Chevreul va récapituler ces points tels qu'il les a traités par improvisation; mais, après avoir lu l'écrit de M. Dumas que l'auteur a bien voulu lui communiquer avant la publication du *Compte rendu*, il trouve le sujet si important en lui-même et si intéressant au point de vue de la science, qu'il se bornera aujourd'hui à résumer ces points aussi brièvement que possible, sans des détails qu'il reproduira à la séance prochaine, en même temps qu'il en ajoutera de nouveaux pour qu'on saisisse bien l'ensemble de sa manière de voir.

PREMIER POINT. *De l'influence de Newton sur la chimie par l'introduction dans la science de la force attractive cause de la cohésion et de l'affinité.* — M. Chevreul, en parlant de la grandeur de cette influence dans une des dernières séances de l'Académie, a reproduit en partie l'opinion qu'il énonça en 1851. En disant alors que la publication de Newton date de 1717, il rend justice aussi à notre compatriote Étienne-François Geoffroy, qui,

l'année suivante, communiqua à l'Académie sa *Table des différents rapports observés en chimie entre différentes substances*. M. Chevreul, voulant montrer la difficulté de parler de *forces attractives* dans l'ancienne Académie des sciences plus de quinze ans après la mort de E.-F. Geoffroy, cite un passage de l'éloge du savant français par Fontenelle, et donne lecture de ce passage.

Deuxième point. *La cause de l'attraction moléculaire, cohésion et affinité, est encore inconnue, malgré les tentatives faites par des savants du premier ordre pour la confondre avec les forces électriques et magnétiques.* — M. Chevreul est réellement heureux de penser avec M. Dumas que, dans l'état actuel de la science, on ne peut confondre la cause des effets qu'on rapporte à la cohésion et à l'affinité avec les forces électriques et magnétiques.

Il rappelle à ce sujet un opuscule sur la *Mécanique chimique*, qui parut en 1850, dans le *Cours de chimie générale* de Pelouze et Fremy, où les forces qui interviennent dans les actions moléculaires sont réparties en trois genres :

1. Forces chimiques: Attraction moléculaire { cohésion. / affinité.

2. Forces physiques : { Force expansive de la chaleur et force de cohésion. / Force électronégative et force électropositive. / Force de la lumière. / Force inconnue agissant au contact.

3. Forces mécaniques (elles agissent du dehors) : { Force (mécanique) de division. / Force (mécanique) de compression. / Force de pesanteur.

M. Chevreul, en faisant cette classification, n'a jamais eu la prétention d'*expliquer des effets* par des *causes définies d'une manière précise*, il a cherché simplement à parler d'une manière précise d'*effets différents* à plusieurs égards, sans chercher à rapporter ces effets à des causes définies scientifiquement.

La distinction des *effets* d'actions moléculaires se passant au contact apparent a, selon M. Chevreul, une grande importance, à cause d'un grand nombre d'effets qu'on rattache à un petit nombre de groupes. M. Chevreul se propose de développer ces idées dans la prochaine séance.

Troisième point. *De l'explication de la loi de Berthollet relative à la décomposition mutuelle des sels neutres dissous dans l'eau.* — M. Chevreul se trouve *trop court* en ce moment pour reproduire ce qu'il a dit dans la séance,. il reprendra lundi prochain ce sujet, pour le développer avec l'étendue qu'il comporte.

Quatrième point. *De la nomenclature des composés chimiques.* — M. Chevreul est encore heureux de s'associer à M. Dumas sur le jugement qu'il porte de la *nomenclature chimique* telle que Lavoisier l'a présentée au monde savant, commme organe des savants français qui enfin avaient adopté sa théorie des phénomènes permanents de la combustion.

M. Chevreul remercie M. Dumas de lui avoir donné l'occasion d'exposer à l'Académie le résumé, bien rapide à la vérité, de son *Histoire des connaissances chimiques* par l'intérêt même que l'illustre Secrétaire y a attaché, ainsi qu'aux figures qui accompagnent ce résumé. M. Chevreul espère que M. Dumas voudra bien accueillir pareillement la communication prochaine, dans laquelle il cherchera à montrer comment toutes les vues qu'il a exposées comme déduction de ses recherches sont conformes à l'esprit de la méthode *à posteriori* expérimentale.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)

(de l'Institut).

XXVI

Formation des races humaines. — Influence du milieu. — Coloration de la peau.

Nous venons d'étudier les actions du milieu et de l'hérédité chez les animaux; mais jusqu'ici il n'a été question de l'homme que, pour ainsi dire, en passant. C'est à peine si nous avons prononcé son nom de temps à autre, et presque exclusivement dans celles de nos leçons qui ont été consacrées à l'étude de l'hérédité. A partir d'aujourd'hui c'est de lui que je vais vous entretenir, en commençant par rechercher quelle est l'action du milieu sur l'ensemble de son être. Au reste, je cesserai de distinguer et de séparer aussi soigneusement que par le passé les phénomènes de deux ordres. Je puis le faire sans inconvénient, maintenant que vous connaissez bien quels sont leurs relations mutuelles et leurs rôles respectifs.

Les actions du milieu s'accusent surtout, ainsi que nous l'avons reconnu avec Darwin, dans la lutte pour l'existence et dans la mortalité qui en résulte. Retrouvons-nous cette lutte lorsqu'il s'agit de l'homme, ou bien y échappe-t-il, grâce à je ne sais quel privilége ? Les faits généraux répondent pour nous. Si l'homme ne subissait pas les mêmes pertes, il arriverait pour lui ce que la lutte pour l'existence empêche seule qu'il n'arrive pour les animaux et pour les végétaux. Le globe entier ne tarderait pas à être envahi par l'homme, et son espèce ne laisserait bientôt de place à aucune autre.

Les faits particuliers et de détail n'éclairent que trop ce résultat d'ensemble. Il est inutile que j'insiste sur la lenteur d'accroissement d'une population même placée dans des conditions favorables, et sur la rapidité effrayante avec laquelle elle diminue, pour peu que les conditions d'existence soient contraires à son développement.

La lutte contre le monde extérieur devient plus violente, s'accuse de la manière la plus évidente lors des changements de milieu. Les Européens militaires ou colons qui se transportent dans les régions intertropicales de l'ancien et du nouveau monde sont en général décimés par des affections paludéennes.

De leur côté, les nègres qui viennent habiter les parties même chaudes de l'Europe, telles que Malte et Gibraltar, succombent le plus souvent à la phthisie. Ici l'action du milieu est tellement nette et rapide, qu'elle nous conduit sur le terrain pathologique, en donnant lieu à des phénomènes sur lesquels j'aurai l'occasion de revenir.

Mais, entre le calme relatif dont jouit l'homme qui reste dans son milieu natal, et la lutte violente dont il est la victime presque assurée lorsqu'il passe dans un milieu très-différent, il doit évidemment exister des situations intermédiaires.

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685 et 707, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12 et 26 septembre et 3 octobre 1868.

D'ailleurs les hommes diffèrent et ne sont pas également accessibles à ces actions. Les résultats doivent donc présenter des degrés d'intensité très-divers. Même dans les milieux les plus énergiques et les plus mortels aux étrangers, à côté de ceux qui périssent, il y en a toujours quelques-uns qui résistent et qui échappent. Ce n'est pas toutefois sans avoir subi l'influence de conditions d'existence nouvelles. Ainsi que nous l'avons vu pour les animaux dans les mêmes circonstances, ils acquièrent des tendances à se mettre en harmonie avec le milieu. Or, nous savons que des prédispositions de cette nature sont héréditaires. La lutte commencée chez les individus qui ont été plongés brusquement dans un nouveau milieu se poursuit chez leurs descendants, et alors, de deux choses l'une, ou bien ceux-ci meurent, ou bien ils s'acclimatent. Cette alternative inévitable nous amène ainsi à la grande question de l'acclimatation, qui mérite d'être traitée autrement qu'en passant, et dont nous ferons plus tard une étude particulière.

Quand le milieu n'exerce pas une action aussi brutale, que doit-il arriver? Si la donnée que j'ai prise pour base de mon enseignement est exacte, si l'homme est soumis aux mêmes lois que tous les êtres vivants, il doit, comme ceux-ci, se modifier et donner des races. En est-il ainsi en réalité? Il me sera facile de vous en convaincre. Mais d'abord je veux répondre à une objection que vous pourriez puiser dans le souvenir de nos leçons passées.

Je vous ai dit et j'espère vous avoir démontré que les limites des variations sont moins étendues pour l'homme que pour les animaux. Comment cela peut-il se faire? Il semble qu'étant soumis aux lois qui régissent tous les êtres organisés, ainsi que nous l'avons admis en principe, l'homme devrait éprouver sans atténuation les transformations considérables que subissent sous nos yeux une foule d'espèces et de races animales.

Il est facile de résoudre cette contradiction apparente. Déjà nous avons constaté que la variabilité des types chez les animaux et les végétaux sauvages était bien moins prononcée que dans les mêmes espèces domestiquées ou cultivées. Cette différence dans leur manière de se comporter résulte, avons-nous dit, de ce que l'homme modifie et multiplie les milieux en les poussant souvent à l'extrême; et surtout de ce qu'il met en œuvre à chaque instant la sélection inconsciente ou raisonnée. Nous sommes en effet entièrement d'accord avec Darwin lorsqu'il attribue à cette cause la formation du plus grand nombre des races.

De là trois grandes raisons pour que l'homme varie dans des limites moins étendues que les animaux soumis à son empire:

1° L'homme ne s'applique pas à lui-même la sélection. Vous savez en effet qu'à ce point de vue, tout dans les mariages est à peu près livré au hasard. La légèreté avec laquelle on unit deux êtres dans des conditions souvent quelconques de santé et de tendances héréditaires, contraste singulièrement avec le soin qu'on apporte, dans un troupeau bien tenu, aux choix des reproducteurs. A plus forte raison, le hasard est-il la règle commune lorsqu'il s'agit simplement des traits de race, des proportions, du teint, etc., des futurs chefs de famille.

Une cause de la formation des races aussi active que la sélection venant à manquer, il n'est pas étonnant que son absence se traduise déjà par une certaine atténuation des différences des groupes humains entre eux. Ce qui prouve encore mieux combien serait effective chez l'homme l'intervention de ce procédé, c'est que dans quelques cas, peu nombreux je le répète, où il a été appliqué, ses effets se sont promptement manifestés.

Pour ce qui est de la sélection naturelle, je vous rappellerai que les voyageurs sont généralement frappés de l'absence d'hommes contrefaits chez les sauvages, pour peu qu'ils vivent dans des conditions d'hygiène et de bien-être relativement bonnes. C'est qu'en effet l'existence menée par ces tribus est toujours si rude et si difficile, qu'il faut être fort pour en supporter les fatigues. Les faibles et les maladifs doivent succomber de bonne heure, et il ne peut se former chez ces populations des familles rachitiques, comme la société n'en compte que trop chez nous.

La sélection inconsciente a été parfois appliquée chez les hommes. J'en puis citer comme exemple les lois de Lycurgue, qui enjoignaient aux Spartiates de jeter à l'Eurotas tout enfant mal conformé.

Lycurgue, remarquez-le, n'ordonnait pas l'union exclusive de types remarquables par leur perfection, mais en fait il arrivait indirectement au même résultat en supprimant ceux qui seraient devenus par voie héréditaire une cause d'abâtardissement pour la nation.

Il est évident que cette coutume était bien faite pour assurer cette beauté proverbiale de la race spartiate, caractérisée surtout chez les femmes.

Enfin lorsque, par exception, l'homme a été soumis à une sélection raisonnée, les unions ainsi préparées ont donné lieu en peu de temps à la formation de races bien caractérisées et de plus très-persistantes, comme les exemples suivants pourront vous en convaincre. Le petit village de San-Giuliano en Sicile est situé sur ce fameux mont Éryx célèbre par le temple que les Grecs y avaient élevé à Vénus Érycine. On choisissait pour en être les prêtresses les plus belles femmes qu'on pouvait trouver dans la Grèce entière. Or, comme elles n'étaient pas assujetties aux mêmes obligations que les vestales, il est naturel de penser qu'à leur tour, elles prenaient leurs époux parmi les plus beaux hommes du pays. Eh bien! de nos jours encore, alors que la Sicile est peuplée des races les plus diverses mêlées ou juxtaposées, et qu'elle compte d'ailleurs de beaux types de femmes, celles de San-Giuliano sont citées pour être les plus belles de l'île. Il est difficile de ne pas voir là le résultat de cette sélection à laquelle toute une population féminine a été soumise pendant plusieurs siècles sans interruption.

Au cas où l'on contesterait la valeur de cet exemple, voici deux faits tout récents sur lesquels le doute n'est pas permis.

Vous savez combien le roi de Prusse Frédéric-Guillaume, et son fils, le grand Frédéric, tenaient à être gardés par de beaux hommes. En vue d'en faciliter le recrutement, ils employaient en quelque sorte les procédés des éleveurs, mariant de gré ou de force toutes les belles et grandes filles qu'ils rencontraient avec les géants de leur armée. Or, Forster nous apprend qu'autour de Potsdam la moyenne de la taille est particulièrement élevée, surtout chez les femmes. Il paraît qu'en Alsace, le dernier duc de Deux-Ponts s'était proposé le même but et avait employé les mêmes moyens pour y arriver. On m'a assuré qu'aujourd'hui encore, aux environs de sa résidence, les hommes de grande taille sont plus communs que dans le reste du pays.

Ces exemples nous permettent donc de conclure que si les

races humaines ne présentent pas entre elles des différences plus considérables, cela tient en grande partie à l'absence de la sélection, dont l'application exceptionnelle entraîne, vous venez de le voir, des résultats immédiats et durables.

2° Je passe à une seconde explication qu'il faut joindre à la précédente. L'homme dispose jusqu'à un certain point du milieu. Il peut donc exercer sur les animaux une action capable, tantôt de faire varier les types, tantôt de maintenir les caractères nouveaux qu'il a su faire apparaître en eux. C'est ainsi qu'il a constamment agi.

Il nous suffit de voir ce qui arrive non pas même quand l'homme cherche à multiplier les races, mais simplement lorsqu'il néglige pendant quelque temps celles qui pouvaient passer pour être le mieux caractérisées. Nous verrons en même temps quel est le résulat des soins assidus qu'il leur donne le plus souvent.

Parmi les exemples que je pourrais énumérer, je choisirai, comme c'est mon habitude, les plus vulgaires, ceux par conséquent qui nous sont le mieux connus et le plus familiers.

Les chevaux arabes importés en Europe et abandonnés à eux-mêmes donnaient, par le croisement, après deux ou trois générations, des produits qui avaient perdu en grande partie le cachet de leur origine et se rapprochaient des races locales anglaises ou françaises dont le sang s'était mêlé au leur. Lorsqu'on s'est appliqué à éviter ces croisements, on a vu la race se modifier sans doute; mais, grâce aux soins et à l'isolement, elle est restée bien plus voisine de son point de départ que dans le premier cas.

Si le pur sang anglais s'est au contraire si fort éloigné du type arabe, c'est qu'on a cherché à faire de lui un animal exceptionnel en vue d'un but spécial. On a voulu qu'il fût le cheval doué de la plus grande puissance de locomotion pouvant se dépenser dans le moins de temps possible. Mais, avant d'avoir été si étrangement modifié dans ce sens, le cheval de course anglais se rapprochait bien plus du type primitif. Ainsi *Éclipse*, ce cheval dont tout Anglais qui se respecte ne parle, pour ainsi dire, que le chapeau à la main, ne différait guère de l'Arabe que par sa taille devenue plus haute et par quelques traits de conformation personnels, qui auraient pu se montrer partout. Il en possédait d'ailleurs les qualités fondamentales, auxquelles il a dû d'accomplir les prodiges qui l'ont rendu si célèbre.

L'histoire des mérinos présente des enseignements plus complets encore. Je vous ai dit que d'Espagne on les avait importés en Suède, en Saxe et en France. Au commencement, on les abandonnait à eux-mêmes; aussi les voyait-on dégénérer, c'est-à-dire perdre leurs caractères distinctifs, au bout de quelques générations. Ce n'est que lorsqu'on a appris à les soigner qu'ils ont conservé leurs caractères essentiels, et que se sont formés les bergeries de Rambouillet et les troupeaux de laine fine de Saxe.

De ces deux actions qui tendent, l'une à multiplier et à caractériser les races, l'autre à maintenir celles qui existent déjà, quelle est celle que l'homme s'applique à lui-même?

Évidemment la seconde, l'action conservatrice. Nous savons avec quel soin il transporte toujours avec lui, dans ses migrations, ses mœurs, ses croyances, ses institutions, ses habitudes, son genre de vie; de quelle façon il cherche à s'armer contre un nouveau milieu, avec quel empressement il applique son intelligence à combattre et à amoindrir ce que son influence pourrait avoir de nuisible pour lui.

Les Européens, en se transportant dans des pays froids tels que la Sibérie et le Canada, ou dans les régions intertropicales, n'ont fait que perfectionner leurs moyens de lutte contre le froid et le chaud.

Les nègres importés aux colonies y trouvent un climat assez analogue au leur et des conditions d'existence qui ne seraient pas très-nouvelles pour eux, s'il ne s'y ajoutait le travail forcé auquel ils ont été pendant si longtemps et sont encore sur certains points assujettis. Aussi ne doit-on pas s'étonner que dans la république d'Haïti, où il leur a été loisible depuis plus longtemps de reprendre avec la liberté leur genre de vie normal, ils ne diffèrent pas beaucoup des nègres d'Afrique.

3° J'arrive à une troisième raison qui ne contribue pas peu à expliquer le petit nombre et la formation difficile des races humaines. Elle résulte de l'ancienneté même de celles qui existent. Je vous ai déjà dit un mot de l'influence sur la fixité d'une race du temps qui s'est écoulé depuis son apparition, bien que je me sois borné en cela à vous signaler la valeur d'un fait sur lequel je dois revenir en parlant du croisement. Or, la plupart des races humaines sont de beaucoup plus anciennes que les races animales domestiques qui nous entourent, surtout si nous réduisons les premières à leurs quatre grands types principaux, le blanc, le jaune, le rouge et le noir. Les bas-reliefs égyptiens, qui remontent à l'an 4000 ou 5000 avant notre ère, reproduisent de la manière la plus distincte le blanc aux cheveux blonds et aux yeux bleus, le jaune, le nègre et le rouge. Cette dernière coloration se rapporte à l'ancien Égyptien, bien différent du Peau-rouge d'Amérique. Or, aucune race animale ne nous donne l'exemple d'une ancienneté pareille.

Celle des chevaux arabes cochlani ou kohejlé paraît avoir l'époque de formation la plus reculée. Elle s'est formée et s'est maintenue au milieu d'un groupe d'hommes qui lui ont toujours demandé les mêmes qualités et qui n'ont jamais cessé de la préserver avec un soin poussé jusqu'à l'exagération.

Je vous ai dit que le cheval paraissait être originaire d'Asie, mais que son apparition dans la partie occidentale de ce continent et au nord de l'Afrique avait été relativement tardive. Huzard père combat et réfute, en invoquant à la fois les auteurs sacrés et profanes, l'opinion qui faisait venir le cheval de l'Arabie.

En effet, Moïse, dont les écrits remontent à 1650 ans environ avant notre ère, parle des chevaux d'Égypte, et non de ceux d'Arabie. Le *Livre des Rois* (1000 ans av. J. C.) nous apprend que Salomon tirait ses coursiers d'Égypte. *Ézéchiel* enfin, 600 ans avant J. C., nous dit que les Syriens faisaient venir les leurs de Cappadoce et d'Arménie.

Les documents profanes viennent entièrement à l'appui de ceux que renferme la Bible. Les auteurs grecs ont grand soin de faire remarquer que l'armée de Xercès, lors de son invasion, qui eut lieu 480 ans avant notre ère, ne comptait pas de cavalerie arabe, mais que les guerriers de ce pays étaient montés sur des chameaux. Strabon, qui écrivait au commencement de notre ère, dit que l'Arabie produisait des animaux de toute espèce, excepté des chevaux. Nous savons aussi que dans la part de butin attribuée à Mahomet à la suite d'une victoire importante qu'il venait de remporter vers l'an 630, il ne figure aucun cheval. Plus tard, les rois d'Égypte et les empereurs grecs envoyaient des chevaux en cadeaux à des chefs arabes qui commençaient à se faire redouter, et ils avaient

soin de les choisir dans cette race de Cappadoce qui était si estimée par les anciens.

Mais, en 1272, Marco-Polo assiste, à Aden, à l'embarquement par milliers de chevaux destinés à l'Inde, où ils étaient très-recherchés. On est donc en droit de conclure que c'est dans l'intervalle des années 630 et 1272 que les chevaux se sont multipliés en Arabie, et l'on peut attribuer à la race cochlani une ancienneté de mille ans environ. Mais ce qui la caractérise surtout, c'est que dès le début, et constamment par la suite, elle a été conservée et épurée par une sélection des plus sévères. Pour faire preuve de noblesse, un vrai cochlani doit montrer autre chose que des parchemins; il doit montrer les qualités qui distinguent sa race. Il faut absolument qu'il donne des preuves de sa résistance à une longue privation de nourriture. Il doit, de plus, après une course de vingt-cinq à trente lieues, traverser sans désemparer un profond cours d'eau. S'il se montre, au sortir de cette triple épreuve, encore plein d'ardeur et de feu, on reconnait en lui un coursier digne de porter l'illustre nom de cochlani.

Cette succession pendant dix siècles de reproducteurs transmettant à leurs descendants les qualités dont je viens de vous donner une idée a constitué l'éminence du pur sang arabe. Le sang dans une race est en effet cette puissance de transmission héréditaire des caractères constitutifs, qui croît en proportion de son ancienneté et de la rigueur de la sélection à laquelle on la soumet.

Tous les éleveurs, tous les hippologues, s'accordent à reconnaître combien la puissance du sang influe sur l'homogénéité de la race, et l'histoire du cheval anglais est remplie de faits remarquables qui la proclament.

Quoi qu'il en soit, la race cochlani est celle qui, possédant au plus haut degré cette vertu, résiste aussi le mieux à l'action du milieu. Elle se modifie sans doute sous son influence, mais donne lieu à des sous-races qui rappellent, à bien des égards, leur souche commune.

La race cochlani doit, vous ai-je dit, cette résistance et cette force propres à ce qu'elle est peut-être la plus ancienne de toutes les races domestiques qui existent encore de nos jours. Cependant ses dix siècles de durée sont bien peu de chose, si l'on songe à ces races humaines qui, je viens de vous en donner la preuve irréfutable, se sont conservées presque identiques avec elles-mêmes pendant quatre ou cinq mille ans. Au reste il est infiniment probable, pour ne pas dire certain, que ces dernières sont bien plus âgées encore, et qu'elles existaient bien avant les monuments qui ont si nettement reproduit leurs traits distinctifs. Peut-être même sont-elles contemporaines, si elles ne leur sont pas antérieures, des derniers cataclysmes qui ont bouleversé notre globe, et avant lesquels nous avons des preuves certaines de l'existence de l'homme.

Ainsi trois causes appréciables s'opposent à ce que les variations soient aussi étendues chez nous que dans le règne animal. Ce sont : 1° l'ancienneté des races ; 2° l'absence de sélection ; 3° le mode artificiel de protection que l'homme sait opposer à l'action du milieu.

Ainsi s'explique un fait général que nous avions déjà constaté, mais qui, aujourd'hui, aurait pu nous surprendre. C'est pour ne pas avoir tenu compte de ces considérations qu'on a mal apprécié ce qui se passe, et qu'on en est venu à nier l'action du milieu sur les hommes, et la formation actuelle de races humaines.

A la rigueur, on pourrait comprendre que les deux premières causes de stabilité des types eussent échappé à l'observation, car leur action est, pour ainsi dire, latente. Mais l'influence de la troisième est évidente par les résultats qu'entraînent la moindre négligence et l'absence plus ou moins complète de précautions contre le milieu.

N'examinons, pour le moment, que ce qui intéresse et affecte l'individu. L'individu même adulte, qui, changeant de milieu, ne s'entoure d'aucune protection ou seulement de protections insuffisantes, est rapidement modifié à certains égards, comme je vous ai dit qu'il arrivait aux moutons de la Madeleine. Les femmes au teint blanc, lorsqu'elles sont restées longtemps exposées au soleil, se couvrent de taches de rousseur. On n'attache pas d'importance à ce fait, parce qu'il est devenu vulgaire à force d'être fréquent; mais on crierait certainement au prodige si une vache blanche revenait tachetée de noir d'un pré où elle aurait subi une insolation. Cependant les deux phénomènes sont de même ordre, et l'un ne devrait pas paraître moins significatif que l'autre. Vous savez que les taches de rousseur résultent d'une surabondance de pigment sur un point de l'épiderme, et que la peau présente sur ce point la structure comme la couleur affaiblie de la peau du nègre. Je vous citerai encore les pêcheurs chinois qui passent la majeure partie de leur existence sur le bord des fleuves, presque complétement nus, et dont le corps, au dire du voyageur anglais Abel, prend une couleur d'un noir cuivre. J'ai pu m'assurer par moi-même que les lazzaroni de Naples, qui vivent à moitié nus sur le port, ont le corps rouge cuivré, d'une teinte plus accusée que ne l'est celle de certains Indiens du nouveau monde. Cette observation s'accorde avec ce que dit Hamilton Smith, des pêcheurs européens qui, transportés dans l'Inde, y deviennent plus rouges que les Peaux-rouges d'Amérique.

Mais voici des faits plus singuliers, et qui ont paru plus étranges encore il y a quelque temps, lorsqu'ils ont été signalés. Un Français qui a voyagé en Abyssinie, M. Théodore Lefebvre, rapporte que les habitants du pays noircissent sur les plateaux élevés, et blanchissent lorsqu'ils descendent dans les plaines plus chaudes. J'osais à peine vous citer le fait, il y a quelques années, tellement il était de nature à paraître en contradiction avec ce que nous voyons se passer habituellement. Mais il m'a été confirmé depuis par M. Antoine d'Abbadie avec des détails si précis, qu'il ne peut plus désormais être douteux pour personne.

M. d'Abbadie, qui se trouvait dans la plaine, y fut atteint d'une ophthalmie qui l'obligea à gagner les plateaux élevés où il devait trouver un air plus sain et plus vif. Il était accompagné d'un jeune domestique du pays, qui, par sa couleur, appartenait à une caste assez élevée, car, en Abyssinie, c'est dans la coloration plus ou moins foncée de la peau que consistent les titres de noblesse ou les preuves de roture. Or, après avoir été privé de la vue pendant un mois passé sur les hauteurs, M. d'Abbadie s'aperçut avec étonnement, en la recouvrant, que son jeune domestique avait noirci d'une manière très-sensible, et qu'il se trouvait par là même avoir perdu sa caste, et être descendu, par exemple, du troisième au quatrième rang dans ce court espace de temps.

Mais je puis vous apporter des faits plus généraux. Je les trouve dans des notes qui ont été rédigées sur ma demande par M. Pruner-bey, dont j'ai eu si souvent déjà l'occasion de prononcer le nom et d'invoquer le témoignage. Je vous de-

mande la permission d'y faire des emprunts presque textuels :

« 1° Le nègre transporté en Europe gagne en muscles. — Il perd toujours une portion de son pigment, qui diminue d'abord très-visiblement sur les parties les plus saillantes de son corps, au bout du nez, des oreilles, etc..... »

Cette observation confirme une remarque que vous avez tous pu faire : c'est qu'à Paris les nègres ont toujours une teinte plus ou moins jaune, et qui n'est plus cette coloration d'un noir d'ébène tirant même sur le violet, dont parlent les voyageurs, et dont mon correspondant M. Pruner-bey atteste l'existence dans sa lettre et dans sa topographie du Caire.

« 2° L'Abyssinie et certaines régions de l'Arabie sont les parties du monde dont le climat est le plus apte à produire dans le plus bref délai la coloration la plus obscure de la peau sur des familles ou des individus dont le teint était originairement très-blanc. »

Dans une note, M. Pruner-bey ajoute que le fait avait été déjà observé et mentionné par les auteurs arabes. Le climat de l'Inde, quoiqu'il soit tout aussi chaud, agit très-différemment.

« 3° Dans l'Inde, l'Anglais blond perd, — si c'est possible, — en matière colorante ; la couleur devient très-pâle, blafarde quelquefois. La peau, bien loin d'offrir l'état de turgescence qu'elle présente chez l'Hindou et le Drawida, ressemble plutôt à du parchemin. L'illustre M. Maucnaughter passa près de dix ans dans les districts les plus chauds du Dekkan, s'exposant à toutes les actions de l'air libre. Quand il revint, sa peau n'était guère plus foncée que celle de la lady la plus soigneuse de son teint, mais elle était parcheminée à l'extrême. »

« 4° M. Antoine d'Abbadie, originairement blond, revint d'Abyssinie coloré en bronze foncé. — L'action du climat du Tchama (partie basse de l'Arabie) produisit un changement de même nature, mais moins prononcé, chez M. Schimper et sur moi-même, en moins de trois mois. En même temps mes cheveux, originairement très-clairs et lisses, gagnèrent en matière colorante et devinrent bouclés. — En revanche, M. Arnaud d'Abbadie, naturellement brun, revint d'Abyssinie avec le teint moins coloré que son frère, bien qu'il eût adopté le costume du pays, qui laisse une bonne partie du corps exposée à l'air. — De même, M. Baroni, de Bologne, type étrusque à chevelure noire, ne présenta que de légers changements à la figure et sur les mains, après un séjour de cinq ans à Monara, où la chaleur est excessive. »

Je n'ai pas besoin de vous faire remarquer l'importance de ces faits recueillis par un médecin qui est en même temps un anthropologiste éminent, et à qui son séjour au Caire permet de voir arriver et revenir de leurs voyages des hommes jouissant d'une grande notoriété. Ce sont : M. d'Abbadie, devenu récemment mon confrère à l'Institut ; M. Schimper, membre correspondant de l'Institut, que j'ai l'honneur de connaître personnellement, et bien d'autres.

Les observations de M. Pruner-bey remplissent donc les conditions voulues pour être autant d'expériences positives. Or, elles nous apprennent tout d'abord que dans la coloration du teint, l'influence de la chaleur n'est pas tout, ainsi que le croyaient les anciens, Buffon lui-même, et après lui un très-grand nombre de naturalistes.

Ce fait, en contradiction avec les idées reçues, était resté inexpliqué jusqu'à ces derniers temps. Aujourd'hui la science permet au moins d'en entrevoir la cause. Nous savons, en effet, que la lumière se compose, non-seulement de rayons calorifiques, mais aussi de rayons chimiques, et il est bien probable que la multiplication et la coloration des couches pigmentaires est plutôt soumise à l'influence de ces derniers.

Or, les expériences de Kirchhoff, de Bunsen, de Draper et de Roscoe jettent un jour nouveau sur le mode d'action des rayons chimiques. Nous trouvons, consignés dans les *Études de photochimie*, des faits analogues à ceux que je viens de vous indiquer. Nous y apprenons que l'énergie chimique des rayons solaires varie de 1 à 15 selon les climats, et de 1 à 2 du pied d'une montagne à son sommet. Ces résultats expliquent donc les observations de MM. J. Lefèvre et Ant. d'Abbadie. Ils rendent compte également de certains faits de noircissement du teint qui ont été remarqués à la suite de simples ascensions du mont Blanc et de quelques pics élevés des Pyrénées. Ces mêmes faits prouvent aussi combien le point de départ est important, puisqu'ils nous montrent l'action des mêmes agents s'exerçant d'une manière différente suivant les races. Nous avons vu, en effet, que dans l'Abyssinie et dans l'Arabie, les races brunes d'Europe noircissent moins que les blondes, et qu'à égalité de température, le climat de ces régions agit autrement que celui de l'Inde.

Lorsque je vous ai parlé des frères d'Abbadie, en vous disant que l'un était brun et l'autre blond, vous vous êtes peut-être demandé s'il était possible que deux frères appartinssent à deux races différentes. Je me borne pour le moment à répondre affirmativement à cette question que nous examinerons plus tard en détail.

Il est évident que les voyageurs qui sont les héros des exemples précédents se sont défendus autant que possible contre les milieux si différents dans lesquels ils se sont transportés ; mais il est arrivé d'autres fois que, par suite d'accidents de voyages, et surtout de naufrages, des *Européens* ont été forcés de subir l'action du milieu dans toute son étendue. Or, sous l'empire de ces circonstances impérieuses, le changement peut aller jusqu'à simuler le passage d'une race à l'autre et à rendre l'Européen complétement méconnaissable.

De semblables phénomènes sont assez fréquents. *Lansdorf* a trouvé à Noukahiva un matelot anglais qui, ayant adopté les mœurs du pays et s'étant tatoué, ressemblait, à s'y méprendre, à un naturel des îles Marquises.

Il est un autre exemple trop oublié, quoique se rapportant à un personnage historique : c'est celui de Jérôme de Aguilar, interprète de Cortez. C'était un prêtre espagnol qui, dès le début, venant chercher fortune en Amérique, avait fait naufrage sur la rive du Yucatan. Voyant qu'il refusait d'apostasier, les Indiens du pays le tinrent en esclavage pendant huit ans. Il fut donc exposé pendant toute cette période aux actions d'un milieu contre lequel sa position le *mettait* peu à même de se défendre. Cortez, se rendant au Mexique, s'arrêta dans la baie de Cozumel. Il fut averti de l'existence d'Aguilar, et, comprenant l'utilité qu'il pourrait en tirer comme interprète, il l'envoya chercher. Aguilar se rendit sur le navire du chef espagnol, accompagné de plusieurs Indiens. Ils étaient tous assis ; et Cortez, lorsqu'il parut devant eux, fut obligé de demander quel était l'Espagnol.

Enfin les actions du milieu peuvent entraîner des modifications plus intimes, et qui ne se bornent pas à affecter l'épiderme. On les constate surtout dans les tissus en voie de régénération. Antoine d'Abbadie ayant eu des ulcérations en Abyssinie, remarqua que la cicatrice en était noire, et non pas blanche, comme chez les Européens. Le docteur Coquerel a fait la même remarque à Madagascar. M. César Daly,

directeur d'une importante revue archéologique, étant allé dans l'Amérique centrale visiter les anciens monuments, m'a dit avoir eu à la fois des cicatrices blanches et des noires.

M. Boussingault, qui est demeuré longtemps dans l'Amérique méridionale, le pays où les Européens trouvent le milieu exotique qui leur convient peut-être le mieux, a vu les cicatrices blanches sur le corps de ses compatriotes, tandis que sur les nègres elles étaient rouges d'abord, puis noires. D'un autre côté, M. Flourens assure qu'en Europe, les cicatrices des noirs sont blanches. Cependant le docteur Lawrence nie le fait.

Ici encore je suis heureux de pouvoir faire appel aux renseignements de M. Pruner-bey. Voici dans quels termes s'exprime ce judicieux observateur : « Chez le nègre noir, les cicatrices sont constamment moins foncées que la peau. Les vésicatoires enlèvent régulièrement avec l'épiderme la couche colorante, dont cependant il reste quelquefois des plaques. Par suite, la cicatrice du vésicatoire est moins colorée que la peau environnante. Cependant le pigment est en partie régénéré plus tard, mais jamais entièrement, à ma connaissance. » Remarquons que cette régénération tardive du pigment rend compte des observations de M. Boussingault.

Mais M. Pruner-bey, et cela montre bien quelle est l'influence du point de départ sur la nature des modifications subséquentes, distingue le nègre noir du nègre bronzé; car, ainsi que nous le verrons plus tard, il y a entre les races noires des différences souvent plus marquées qu'entre les divers types blancs. Voici comment il comprend cette distinction : « Chez le nègre bronzé, les cicatrices montrent dès la première période une coloration plus foncée que la peau environnante; à la seconde période, on remarque même au fond des cicatrices de la variole des grains tout noirs formés par la matière colorante. »

Les nègres se tatouent par incisions, et versent du beurre fondu dans les plaies pour les empêcher, pendant un certain temps, de se cicatriser, comme cela aurait lieu naturellement. Il en résulte une suppuration, puis une turgescence du tissu cicatriciel de la peau qui s'est régénérée, de manière que le tatouage se traduit par une espèce de bourrelet faisant relief sur le reste de la peau. Je cite encore M. Pruner-bey : « Ce tatouage présente des callosités dont la couleur diffère très-peu de celle de la peau environnante. Chez les nègres bronzés, cette teinte est ordinairement un peu plus foncée que le reste du corps. »

Voici enfin des observations faites par Pruner-bey sur lui-même pendant son séjour dans l'Égypte méridionale : « Les vésicatoires, dit-il, ont laissé sur mes bras comme sur la région du foie, des marques couleur d'éphélides qui n'ont disparu qu'après un séjour de six ans en Europe. » C'est qu'en se régénérant dans ce milieu, le pigment avait pris une teinte plus foncée. « D'énormes furoncles, continue-t-il, m'ont laissé des marques plus blanches que la peau environnante. » Cela est tout simple, car la peau avait été entièrement détruite. Ces derniers faits observés dans des régions où le teint des habitants est naturellement foncé sont un intermédiaire entre ce qui se passe en Europe et ce que m'ont rapporté MM. d'Abbadie, Coquerel et Daly.

Ainsi la cicatrisation chez les blancs qui habitent des pays de nègres présente, non pas une similitude absolue, mais une analogie considérable avec celle qu'on observe chez les races indigènes.

L'action du milieu sur les individus a été, à la Société d'anthropologie, l'objet de sérieuses discussions. Qu'on lise les procès-verbaux si détaillés de nos séances, et surtout les observations de M. Simonot sur les populations du Sénégal. On verra que les adversaires eux-mêmes des actions du milieu acceptent les faits que je viens de citer, ou des faits analogues. Seulement ils cherchent à les interpréter, ou bien s'efforcent d'en atténuer la valeur. Qu'importe? ils les admettent, et je ne demande pas autre chose. Mais plusieurs d'entre eux nient la transmission héréditaire de ces caractères acquis, et par conséquent le fait de races humaines actuellement en voie de formation. En d'autres termes, ils nient l'hérédité. Nous allons avoir à rechercher s'ils peuvent réellement justifier cette négation.

XXVII

Formation des races humaines. — Rôle de l'hérédité.

J'ai tenu à vous montrer par un assez grand nombre d'exemples que l'individu humain, même adulte, lorsqu'il est soumis à l'action d'un milieu nouveau, subit des changements très-appréciables, et je terminais ma dernière leçon en insistant sur ce fait que les adversaires mêmes des actions de milieu reconnaissent la réalité de ces modifications. Cependant, vous disais-je, ils nient en même temps la formation de races nouvelles. N'est-il pas clair que c'est nier l'hérédité elle-même?

Il est vrai que, dans cette école, on distingue les caractères acquis des caractères primordiaux et des aptitudes mêmes que l'on reconnaît être transmissibles par voie héréditaire. Mais je ne vois là qu'une confusion évidente. Il est clair que tout caractère qui primitivement manquait, et que toute aptitude qui se développe sous nos yeux, sont autant de caractères acquis. On fait donc de l'hérédité une force capricieuse qui saisit ou écarte à son gré les occasions de manifester son action. Or, nous avons vu qu'elle est tout autre chose, et que sa tendance essentielle est de reproduire l'être entier et de transmettre autant que possible dans leur intégrité les changements qui ont pu survenir en lui. Seulement elle n'agit pas seule. L'hérédité alternante et l'atavisme lui opposent souvent des influences contraires. Nous avons vu aussi que la transformation ne s'opérait pas du premier coup, et qu'il fallait, avant son accomplissement définitif, qu'un temps plus ou moins long se fût écoulé, ou, pour parler plus exactement, qu'un nombre souvent considérable de générations se fussent succédé. En effet, quand il s'agit de modifications d'abord individuelles, puis des races qui en résultent, c'est par générations et non point par années que l'on doit compter. C'est à quoi nous conduit tout ce que nous avons dit des pratiques industrielles de la zootechnie.

Cette dernière considération aussi importante que simple a cependant échappé à un grand nombre de naturalistes. Il suffit, d'un autre côté, d'en tenir compte pour être à même de répondre à bien des objections.

Elle explique d'abord comment les races nouvelles se constituent avec une rapidité relativement si grande chez les animaux, tandis que leur apparition au milieu de l'espèce humaine est assez lente pour qu'on ait pu la nier absolument.

Prenons pour exemple l'homme et le bœuf européens, arrivés en même temps en Amérique. La conquête du Pérou s'est effectuée de 1526 à 1533; cependant comme les colons, et par conséquent les bœufs, y ont été assez rares au début, plaçons à trois siècles avant l'époque actuelle le point de

départ de leur présence simultanée dans cette contrée.

Les colonies de l'Amérique du Nord datent de 1621, il faut donc compter déjà pour elles deux siècles et demi de durée. Or, pendant ces deux périodes, au moins cent cinquante générations de bœufs se sont succédé, tandis qu'au Pérou neuf ou douze générations humaines seulement, — suivant qu'on en compte trois ou quatre par siècle, — et huit ou dix générations dans l'Amérique du Nord suffisent pour rattacher les premiers colons européens aux populations actuelles.

Il est évident que, le milieu agissant sur l'une et l'autre espèce avec une énergie égale, l'hérédité, dont l'activité se manifeste à chaque passage d'une génération à la suivante, a exercé une action quinze fois plus répétée, par conséquent quinze fois plus puissante sur les bœufs que sur l'homme. Aussi, pour que celui-ci eût subi dans la même mesure l'influence de l'hérédité, c'est une période non plus de trois siècles, mais de 3000 à 4000 ans qu'il faudrait supposer.

Si, de plus, vous faites intervenir ici les considérations que je vous ai présentées dans la dernière leçon, vous comprendrez mieux encore que l'homme ne pouvait pas éprouver des modifications comparables à celles que le même milieu a imposées à l'espèce bovine.

Voyons maintenant si, en tenant compte de ces données dans l'appréciation des faits, nous pouvons saisir dans l'histoire des populations humaines la preuve qu'il se forme des races nouvelles.

Et d'abord, pour ce qui est du nègre, nous savons que transporté dans les pays froids, il perd de son pigment. Cette perte doit augmenter de génération en génération. C'est là un fait qui résulte de la manière même dont le nient les adversaires de l'hérédité.

Aux États-Unis, disent-ils, le nègre ne devient pas blanc, il devient gris. Mais n'est-ce pas là un changement? Dira-t-on de deux oiseaux appartenant à la même espèce, de deux chevaux ou de deux chiens, l'un noir, l'autre gris, tous tenant leur couleur de leurs ancêtres, qu'ils sont de la même race? Évidemment non; on fera des uns une race noire, des autres une race grise.

Mais le changement qui résulte pour le nègre d'un climat plus froid ne s'arrête pas à la peau. Nous avons déjà dit que les muscles augmentent de volume; ajoutons quelques détails. Transportés dans les contrées méridionales de l'Amérique, les noirs y trouvent un milieu et une température convenables. Aussi leur prospérité et leur multiplication accusent-elles les bonnes conditions d'existence que leur offre le climat.

J'emprunterai autant que possible les exemples qui vont suivre à des hommes qui, observateurs étrangers à toute préoccupation anthropologique, ont simplement rapporté ce qu'ils avaient vu. Voici comment s'exprime, pour les îles du Mexique, M. de Reiset, propriétaire d'esclaves, très à même, par conséquent, d'observer journellement la race noire, et qui fut nommé délégué des colonies, lorsque la question de l'émancipation eut été posée à Paris. Je cite textuellement le *Bulletin de la Société d'ethnologie* :

« L'Africain arrive aux Antilles avec tous ses caractères de nègre. — L'enfant créole de nègre et négresse purs reproduit ces caractères, mais atténués. — La face, en particulier, perd le caractère de museau. — Les cheveux et la couleur persistent, mais, sous tous les autres rapports, le nègre créole se rapproche de plus en plus du blanc. »

Le docteur Hall, dans son introduction à Pickering, rapporte, en citant un homme dont le nom seul fait autorité, que « M. Lyell a trouvé, d'après de nombreuses recherches faites auprès des médecins résidant dans les États à esclaves », — il s'agit des États-Unis du Sud, — « et par le témoignage de tous ceux qui ont porté leur attention sur ce sujet, que, sans aucun mélange de races, les nègres placés en contact intime avec les blancs se rapprochent de plus en plus à chaque génération de la configuration européenne de la tête et du corps. » J'ai lu de plus, dans la *Revue britannique* de 1849, que, lors de son second voyage, M. Lyell fit une remarque curieuse à son entrée dans deux églises de Savannah exclusivement fréquentées par les nègres. Ni dans l'une ni dans l'autre, il ne sentit cette odeur forte particulière à la race noire, et qui est naturellement si caractéristique, qu'elle permet de reconnaître un navire négrier, lorsqu'il est vide depuis longtemps.

Les modifications physiques et physiologiques atteignent aussi les fonctions et les organes intérieurs du nègre. Nous avons, sur ce point, les témoignages de deux médecins. L'un, M. Pruner-bey, a observé qu'en Égypte le sang du nègre est épais et visqueux. Le docteur Visinié l'a trouvé dans la Louisiane très-séreux et rappelant fort celui des chlorotiques. Il a donc, dans ce dernier pays, cessé d'être identique avec le sang du nègre resté dans son pays natal.

Ce n'est pas tout. Les changements qui se manifestent chez le noir transporté dans un milieu civilisé portent aussi sur les caractères psychologiques. M. de Lisboa, membre de la Société d'ethnologie, dit qu'au Brésil on tient par principe cette race éloignée de toute instruction; cependant, ajoute-t-il, dès les premières générations on reconnaît chez le nègre créole une intelligence supérieure à celle de sa souche originelle. Ainsi la race noire, enlevée à son milieu natal et transportée parmi les blancs, se rapproche d'eux sous le double rapport physique et intellectuel.

Remarquez, d'ailleurs, que pour le nègre l'expérience est aussi complète que possible. En effet, les esclaves des colonies où les observations ont été faites étaient des provenances les plus diverses. La France et l'Angleterre s'approvisionnaient sur les côtes de Guinée. Les Portugais et les Brésiliens allaient les chercher dans leurs colonies de l'Afrique orientale et occidentale, depuis San-Loango jusqu'à Mozambique. De plus, les caravanes amènent toujours un grand nombre d'esclaves de l'intérieur, et il en vient même de Madagascar.

Les races jaunes ne sont pas moins que les races noires soumises à l'action du milieu. M. de Froberville, homme d'une incontestable expérience et d'une grande autorité, rapporte qu'à Bourbon et dans l'île de France, Hindous, Madécasses, Malais, nègres et blancs, diminuent de taille dès la deuxième génération, et forment ainsi autant de races petites. Ce fait rappelle ce qui s'est passé pour les chevaux dans l'Inde et certaines îles de l'archipel indien, aux Célèbes, entre autres.

Voici maintenant l'exemple d'un peuple entier se transformant à la suite d'un changement de vie. Toute une population tartare de race mongole s'est fixée dans les environs de Kazan, sur le Volga, quittant la vie nomade, qu'elle avait menée jusqu'alors, pour s'adonner à l'agriculture. Or, nous possédons, au sujet de ces Tartares, les témoignages de voyageurs qui les ont visités à deux siècles d'intervalle. Herberstein, cité par Prichard, parle d'eux au XVIe siècle, peu de temps après leur établissement, et voici le portrait qu'il en trace : « *Tartari sunt homines statura mediocri, lata facie, obesa, oculis contortis et concavis, sola barba horridi, cætera rasi.* »

hordes qui ont continué leur vie errante. Herberstein aurait pu ajouter aux caractères dont il parle, un nez épaté, des lèvres fortes, et un teint jaune brun.

Au commencement de notre siècle, deux autres voyageurs, Ehrmann et Georgy, ont vu cette population et se sont trouvés d'accord dans les descriptions qu'ils nous en ont laissées. Ehrmann les dépeint en ces termes : « Les Tartares de Kazan sont d'une taille moyenne, musculeux et non pas gras. Leur tête est de forme ovale, leur teint frais, leurs traits beaux et réguliers. Leurs yeux, ordinairement noirs, sont petits et vifs. Leur nez est arqué et mince, aussi bien que leurs lèvres. Les mêmes remarques s'appliquent aux femmes. » Vous voyez par là combien ils ont dû changer depuis l'époque où Herberstein employait à leur propos l'épithète « *obesa* ».

Or, il est impossible de mettre ces modifications et presque ce renversement des caractères qu'ils possédaient deux siècles auparavant, sur le compte du croisement avec les populations voisines. En effet, celles-ci sont chrétiennes orthodoxes, tandis que les Tartares sont musulmans avec tout autant de fanatisme. Des croyances aussi absolues des deux côtés ont dû rendre les mariages au moins extrêmement rares entre les deux races. Si donc les Tartares sont aujourd'hui tellement différents au physique de ce qu'ils étaient il y a deux siècles, c'est que de nomades ils sont devenus agriculteurs, et ont mené par suite une vie saine et régulière dont l'influence n'a pas tardé à se faire sentir. Aujourd'hui un grand nombre d'entre eux s'adonnent à l'élève des abeilles.

Nous avons vu les deux types inférieurs de l'humanité varier sous l'influence du milieu et de l'hérédité de manière à *former des races* nouvelles. Voyons s'il en est de même du type supérieur, du type blanc.

Je m'occuperai d'abord des Européens qui ont pour ancêtres les Aryans. Constatons en commençant que chaque peuple européen, pour ainsi dire, a sa sous-race correspondante dans les colonies qu'il a fondées. Prenons, par exemple, les Français. Vous vous rappelez la remarque de M. de Froberville, au sujet des créoles de l'île Bourbon. Les Français, nous dit-il, de même que plusieurs autres types d'Européens, forment dans les îles africaines une sous-race petite.

Les créoles du golfe du Mexique nous sont mieux connus. Pour la taille il est probable qu'ils offrent la même particularité que ceux d'Afrique. Du moins la plupart de ceux que j'ai vus étaient, sous ce rapport, au-dessous de la moyenne. Mais surtout ils ont généralement une physionomie à part, et présentent, des caractères très-tranchés dont certains portent sur la charpente osseuse du corps. Les femmes sont remarquables, vous le savez, par leur teint pâle légèrement estompé de brun, qui, sous le nom de teint de créole, est devenu un terme de comparaison universellement adopté. Leurs yeux sont grands et méritent assurément les éloges que leur décernent les romanciers et les poëtes; mais ce ne sont pas seulement les parties molles qui présentent une échancrure plus ouverte, l'orbite elle-même et la cavité osseuse de l'œil sont plus grandes. Ce n'est pas tout ; les extrémités des créoles sont à juste titre vantées pour leur élégance. Vous savez, en effet, que les pieds et les mains sont, surtout chez les femmes, d'une petitesse devenue proverbiale. Or n'est-il pas évident que s'il s'agissait du bœuf ou du cheval, on ne manquerait pas de parler d'une race caractérisée, se distinguant de la race mère par une coloration différente et des extrémités plus fines ?

que sont devenus au Canada les descendants des premiers colons français. Voici un passage que j'emprunte à un homme de savoir et d'esprit, qui n'est pas anthropologiste, et dont le témoignage impartial n'a que plus de valeur. M. Théodore Pavie a écrit dans un article de la *Revue des deux mondes* les lignes suivantes : « Un long séjour en Amérique a fait perdre au créole canadien — la plupart descendent d'ancêtres normands — les vives couleurs de sa carnation. Son teint a pris une nuance d'un gris foncé ; ses cheveux noirs tombent à plat sur les tempes comme ceux de l'Indien. Vous ne reconnaissez point en lui le type européen, encore moins le type gaulois. »

Sur la côte de Malabar se trouve un groupe de Portugais qui depuis longtemps a été signalé par le docteur Yvan comme arrivé au dernier degré de la dégénérescence. Ils sont en effet devenus aussi noirs que les habitants indigènes. Mais quelques auteurs ont dit qu'ils s'étaient alliés aux Malais. Aussi, bien que d'autres aient affirmé le contraire, je considère le fait comme douteux, et je l'abandonne. Mais M. Tennant, qui était encore, il n'y a pas longtemps, un fonctionnaire élevé du *Board of trade*, a publié sur Ceylan un ouvrage dans lequel un fait absolument semblable est rapporté avec une netteté qui ne permet plus le moindre doute. M. Tennant, en effet, affirme que, dans cette île où il a résidé pendant plusieurs années, il se trouve des Portugais aussi noirs que ceux de la côte d'Asie. Or, ceux-là sont certainement restés très-purs, ajoute l'auteur anglais, attendu qu'ils ont toujours conservé la fierté du blanc doublée de l'orgueil portugais, et qu'ils s'allient seulement entre eux.

Monrad, pasteur danois, est resté en Guinée de 1805 à 1809. Il avait remarqué que ses compatriotes nouvellement débarqués commençaient, en général, par être malades, et qu'ils prenaient ensuite une coloration jaune. C'était le signe de l'acclimatation. Cette teinte ne tardait pas à passer au cuivré sur l'individu lui-même ; elle se fonçait ensuite à chaque génération, et devenait bientôt complétement noire.

Les Hollandais du Cap sont restés très-purs. Ils forment, sous le nom de Boers, une population qui ne s'allie ni aux Anglais, ni avec les races locales, qu'elle traque comme des bêtes fauves. Voici cependant ce que nous en dit le docteur Livingstone : « Le climat du midi de l'Afrique n'a pas beaucoup influé. Ils ont seulement la peau plus brune, ou, pour mieux dire, plus rouge que celle de leurs ancêtres... On trouve chez les femmes une tendance au développement de la stéatopygie...., et il est probable que dans cent ans, les Boers de l'intérieur seront de la même teinte qu'Adam et Ève, ou du moins de la teinte que des érudits ont attribuée à nos premiers parents. » Je vous avais indiqué déjà cette tendance à la stéatopygie, c'est-à-dire à acquérir sans croisement un des caractères les plus frappants que présentent les Hottentots, et vous voyez que cette modification s'accompagne d'autres changements, qui, pour être encore peu prononcés, n'en annoncent pas moins une véritable transformation en voie de s'accomplir.

Que dire de la race anglo-saxonne ? Les Anglais sont certainement le peuple colonisateur par excellence. C'est, sans contredit, aussi la race qui emporte dans ses migrations le plus qu'elle peut de ce qui constitue son milieu natal : on dit depuis longtemps que partout où va l'Anglais, il transporte l'Angleterre avec lui. Trouvons-nous cependant qu'il ait résisté mieux que les autres Européens à l'action des milieux

nouveaux dont il s'est toujours si soigneusement efforcé d'éviter l'influence? Les faits prouvent que non. Cunningham, qui a fait plusieurs voyages en Australie et qui a péri misérablement dans le dernier, nous dit qu'on distingue dans le pays les créoles de ceux qui arrivent de la Grande-Bretagne. On appelle les premiers *currencys*, et les seconds *sterlings*. Voici comment il s'exprime : « Les currencys deviennent grands et sveltes comme les Américains. Ils sont, en général, remarquables par le caractère saxon de leurs cheveux blonds et de leurs yeux bleus. Mais le teint, dans la jeunesse même, est d'un jaune pâle. Dans un âge plus avancé, ils sont bien facilement reconnaissables à côté des individus nés en Angleterre. Les joues de rose ne sont pas de ce climat, non plus que de celui de l'Amérique, où un teint fleuri attirera indubitablement cette observation : « Vous êtes du vieux pays, vous. » Or, ces résultats se manifestent dès la première génération, car ce sont les seuls dont Cunningham ait pu juger.

Aux États-Unis, l'expérience date de plus loin, grâce à l'ancienneté des colonies anglo-saxonnes dans cette partie du nouveau monde. Déjà Edwards, dans son *Histoire des Indes occidentales*, admettait une augmentation de taille coïncidant avec un amaigrissement général. Les orbites étaient, selon lui, plus grandes, et l'Américain du Nord paraissait coloré à côté de l'Américain du Sud, devenu complétement pâle. Mais depuis quelques années, l'observation nous a fourni des données plus précises.

Knox, dans un ouvrage que je vous citerai bien des fois, le plus souvent pour en combattre les idées, signale la diminution du tissu adipeux et la perte fréquente des dents. Il tire même de ces faits une conséquence contre laquelle nous aurons à nous élever : l'abâtardissement fatal et la disparition future des populations européennes en Amérique. Smith et Carpenter enregistrent d'autres changements encore. Le premier, à la grande indignation de Knox, n'hésite pas à dire qu'abandonné à lui-même, l'Anglo-Américain ne tarderait pas à devenir un Indien. Vous allez voir s'il exagère. M. Élisée Reclus, qui a pu juger des faits par lui-même, déclare que toutes les races importées aux États-Unis, européennes ou noires, tendent à reproduire le type Peau-rouge.

M. Desor, ami et collaborateur d'Agassiz, l'a accompagné en Amérique. A son retour, il a confirmé tous ces faits de transformation dans un ouvrage sur le climat d'Amérique du Nord. Il me racontait à ce propos une anecdote bien significative. Un jour qu'il causait dans une rue, il vint à passer une personne qu'il prit pour un Yankee de sa connaissance. « N'est-ce pas un tel? » demanda-t-il à son interlocuteur. Celui-ci, s'étant retourné, lui répondit immédiatement. « Non ; jamais un Yankee n'a eu un cou pareil. » Ainsi l'allongement du cou chez le Yankee est tellement sensible, qu'il suffit d'un coup d'œil pour reconnaître à ce caractère si vous êtes ou non un enfant de l'Amérique du Nord.

L'abbé Brasseur de Bourbourg, qui a visité les mêmes contrées, retrouve au nord, chez les populations européennes, les caractères physiques, intellectuels et moraux des Iroquois, tandis que, sous les mêmes rapports, celles du midi lui rappellent absolument les Cherokees. Il m'a de plus cité dans une conversation l'histoire très-curieuse d'une famille qui remonte aux premiers temps de la colonie. Elle a produit des hommes distingués. Non-seulement elle ne s'est jamais unie aux Indiens, mais les alliances de famille y ont été fréquentes. Cependant le chef disait à celui de qui je tiens ces détails : « De traits, de cheveux, de couleur, de caractère, nous sommes devenus des Hurons. » A cet aveu fait par un homme intelligent, je suis heureux de pouvoir joindre l'appréciation scientifique d'un anthropologiste. M. Pruner-bey avait publié un ensemble de témoignages analogues à ceux que je viens d'énumérer. Son ouvrage fut lu par des médecins allemands établis aux États-Unis, qui aussitôt lui envoyèrent des détails remarquablement confirmatifs. Mon savant confrère a bien voulu transcrire pour moi une des lettres qu'il a reçues à ce sujet. Voici ce que lui dit son correspondant :

« L'Anglo-Saxon américain présente dès la seconde génération des traits du type indien qui le rapprochent des Leni-Lennapes, des Iroquois, des Cherokees. Le système glandulaire se restreint au minimum de son développement normal. La peau devient sèche comme du cuir ; elle perd la chaleur du teint et la rougeur des joues, qui sont remplacées chez l'homme par un coloris de limon et chez la femme par une pâleur fade. La tête se rapetisse et s'arrondit ou devient pointue. Elle se couvre d'une chevelure lisse et foncée en couleur ; le cou s'allonge. On observe un grand développement des os zygomatiques et des masséters. Les fosses temporales sont profondes, les mâchoires massives. Les yeux sont enfoncés dans des cavités très-profondes et assez rapprochées l'une de l'autre. L'iris est foncé, le regard perçant et sauvage... Le corps des os longs s'allonge principalement à l'extrémité supérieure. » — La France et l'Angleterre fabriquent en conséquence, pour l'exportation dans l'Amérique du Nord, des gants à part dont les doigts sont particulièrement allongés. — « Les cavités de ces os sont très-rétrécies. Les ongles prennent facilement une forme allongée et pointue. Le larynx est grand, la voix rauque et criarde. Le bassin de la femme se rapproche dans les extrêmes de celui du singe. » — Un autre correspondant se contente de dire qu'il rappelle celui de l'homme. Le même ajoute un détail remarquable : « Le langage tend à se rapprocher du polysynthétisme des langues des Peaux-rouges par les *standard phrases* (formules). » Il signale enfin comme traits de mœurs « l'exclusion de la lumière dans les appartements, l'amour des couleurs criantes dans les vêtements... » Or, vous savez que le goût auquel il est fait allusion en dernier lieu est propre à toutes les populations sauvages.

Il est un autre changement encore attesté par des mesures législatives. Le flegme proverbial des Anglais a disparu chez le Yankee pour faire place à une activité inquiète et constante, à une agitation fébrile qui se traduit par un besoin incessant d'occuper ses mains et par l'habitude de tailler machinalement du bois. Aussi dans les hôtelleries, pour éviter un triste sort à ses meubles, l'aubergiste a-t-il soin de mettre entre les mains de chaque voyageur des bûchettes qu'ils peuvent tailler et couper à leur aise. Ce n'est pas tout. Le parlement vote annuellement des fonds pour sauvegarder les banquettes et les tables de la salle des séances contre une dégradation qui serait inévitable, si on ne la détournait sur d'autres objets.

Vous voyez, en somme, combien la race anglo-saxonne s'est modifiée dans les colonies. Or elle est certainement celle dont la fixité paraissait devoir être la plus grande. Ainsi, comme je vous l'avais dit en commençant, tous les types européens ont leurs sous-races aux colonies.

ARM. ANGLIVIEL.

— La suite très-prochainement. —

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 46 — 17 OCTOBRE 1868

LA CONSTITUTION PHYSIQUE DES COMÈTES (1).

L'année 1868 sera célèbre à plusieurs titres dans les annales de l'astronomie. La *Revue* se réserve d'entretenir ses lecteurs de la grande éclipse du mois d'août dernier, quand nous aurons les rapports des différentes expéditions envoyées en Orient pour l'étudier. En attendant, nous désirons aujourd'hui appeler l'attention sur les recherches remarquables de M. Huggins, membre de la Société royale de Londres, qui, un des premiers, a appliqué le spectroscope à l'étude des étoiles fixes, et qui vient de publier les premières données exactes que nous ayons sur la nature des comètes, restées jusqu'à présent les corps les plus mystérieux du ciel.

On sait que les aérolithes qui tombent à la surface de la terre contiennent plusieurs des éléments, tels que le fer, le nickel, le chrome, le cobalt, etc., qui entrent dans la composition de notre globe ; ce fait est surabondamment prouvé par l'analyse chimique de ces corps. Le spectroscope appliqué à l'étude des étoiles filantes a établi leur similitude parfaite avec les aérolithes. C'est donc un fait aujourd'hui prouvé que les étoiles filantes contiennent quelques-uns des éléments de la terre. Or, l'année dernière, les astronomes discutaient cette singulière découverte, résultant des travaux de MM. Adams, Leverrier, Schiaparelli et bien d'autres, qu'un anneau d'étoiles filantes suivait la même route qu'une comète télescopique découverte au commencement de 1866. De là à l'idée que la matière des comètes, quelque atténuée qu'elle soit, était la même que celle des étoiles filantes, il n'y avait qu'un pas. Mais les preuves étaient trop faibles encore pour autoriser les astronomes à en conclure que les comètes contiennent des éléments terrestres. L'instrument le plus étonnant de la physique moderne, placé dans des mains habiles, permettait seul d'espérer la confirmation de ces inductions.

Les premiers essais faits pour analyser la lumière des comètes au moyen du spectroscope ne donnèrent pas de résultats très-satisfaisants. Donati, en 1864, décrivit le spectre de la comète I de cette année comme formé de trois bandes brillantes; mais cette observation ne fit naître aucune découverte importante. On ne connaissait aucun élément terrestre, aucune combinaison d'éléments qui produisît un spectre ressemblant à celui de cette comète. M. Huggins, il est vrai, avait déjà signalé le fait que certaines substances produisent des spectres composés de bandes brillantes, contrairement aux spectres ordinaires continus traversés de raies obscures, ou aux spectres composés seulement de raies brillantes. Mais, avant de pouvoir en conclure qu'une substance semblable existait dans une comète, il fallait prouver la coïncidence exacte, non-seulement du nombre des bandes produites par la substance et la comète, mais aussi des places qu'elles occupent sur le spectre. Rien de semblable ne put être fait pour la comète I de 1864.

En 1866, parut une autre comète, celle dont l'orbe est identique avec celui des étoiles filantes. M. Huggins étudia avec beaucoup de soin le spectre de cette comète. Le résultat de cette étude, tout singulier qu'il fût, était peu satisfaisant. M. Huggins trouva que le spectre du noyau consistait en une seule bande, tandis que la queue donnait un spectre continu; ce qui prouve que le noyau était gazeux et lumineux par lui-même, tandis que la queue consistait en matières liquides ou solides réfléchissant la lumière. Mais, pas plus dans ce second cas que dans le premier, on ne put déterminer quelles étaient la substance ou les substances constituant le noyau ou la queue.

Les résultats ne furent pas encore plus complets pour une comète qui parut en mai 1867.

Au printemps de cette année, les astronomes attendaient une comète à courte période qui revient régulièrement depuis 1846. On l'appelle la comète à courte période de Brorsen, pour la distinguer d'une autre comète qui porte aussi le nom du même astronome. L'espace céleste est si bien surveillé aujourd'hui, que trois astronomes annoncèrent presque simultanément son retour.

Le 2 mai, M. Huggins commença l'analyse spectrale de la comète. Dans le télescope elle lui paraissait comme une nébulosité presque ronde, au centre de laquelle la lumière devenait tout à coup plus brillante, et où parfois on pouvait distinguer un petit noyau. Il ne fut pas possible de résoudre les bandes en raies brillantes, ni de déterminer quelles étaient les substances qui produisaient ces bandes. Bien que les résultats de ces observations fussent encore incomplets, plusieurs faits importants restaient cependant acquis. Il était désormais prouvé que certaines comètes ont des spectres composés de bandes brillantes, que le noyau et la partie adjacente de la queue consistent en vapeurs incandescentes de certains éléments, et que l'extrémité de la queue est une matière solide ou liquide, produite sans doute par la condensation des matières du noyau, et réfléchissant la lumière.

(1) Voyez, dans notre tome IV, page 753, 26 octobre 1867, et dans le présent volume, pages 53 et 139, 28 décembre 1867 et 1er février 1868, un cours de M. W. A. Miller, le collaborateur de M. Huggins dans tous ses travaux de spectroscopie céleste, sur l'analyse spectrale et ses applications à l'astronomie. Consultez particulièrement page 60 du présent tome V.

Tels étaient les résultats acquis quand, au mois de juin de cette année, un astronome allemand, le docteur Winnecke, déjà connu par la découverte d'une comète à courte période en 1858, découvrit une nouvelle comète. Cette comète fut découverte indépendamment pendant la même nuit par M. Bequet, de l'observatoire de Marseille.

Cette comète devint bientôt assez brillante pour qu'on pût la voir à l'œil nu. En un mot, bien que son éclat ne fût pas comparable à celui des comètes qui attirèrent l'attention publique en 1859, 1861 et 1862, la comète de Winnecke est la plus brillante qui ait paru pendant ces cinq dernières années. Vue dans le télescope, elle présentait l'aspect d'un corps lumineux presque rond, au centre duquel se trouvait un noyau arrondi d'où partait la queue, longue environ d'un degré.

M. Huggins s'empressa de profiter de cette occasion pour continuer les recherches qui avaient déjà jeté tant de lumière sur la structure des comètes. Examinée au moyen du spectroscope, la lumière de cette nouvelle comète, comme celle de Brorsen, se résolvait en trois bandes brillantes. Mais les bandes produites par la comète de Winnecke étaient plus larges et n'occupaient pas la même position. La largeur et l'éclat de ces bandes n'étaient pas uniformes ; la plus brillante se trouvait au milieu. Dans ce cas, comme pour la comète de Brorsen, la partie la moins brillante de la queue produisait un spectre continu, et ce spectre était si peu visible, que M. Huggins ne peut même en affirmer positivement l'existence.

Jusque-là l'observation de la comète de Winnecke ne présentait rien de nouveau sur ce qu'on savait déjà des spectres des comètes. Mais le temps était venu pour nous des découvertes les plus intéressantes qui aient jamais été faites. Nous avons déjà dit que M. Huggins, en 1864, avait étudié les spectres de différents éléments terrestres, et qu'il avait remarqué que plusieurs d'entre eux paraissaient formés de bandes brillantes. En recherchant les diagrammes qu'il en avait faits à cette époque, il en trouva un qui paraissait ressembler beaucoup au spectre de la comète de Winnecke. Ce diagramme représentait le spectre du carbone, tel qu'il se produit quand on examine au spectroscope la lumière d'une étincelle électrique dans le gaz oléifiant. Ce gaz, comme nos lecteurs le savent, est formé de six parties en poids de carbone et d'une partie d'hydrogène. Le spectre de l'étincelle passant dans ce gaz est formé par la combinaison des spectres du carbone et de l'hydrogène ; mais il est facile de les distinguer l'un de l'autre, car tous les spectroscopistes connaissent parfaitement les raies brillantes qui constituent le spectre de l'hydrogène. Le spectre de la comète, comme nous l'avons vu, ne contenait pas de raies brillantes ; il s'agissait donc de déterminer, par la comparaison directe, si la comète était formée en tout ou en partie de carbone volatilisé.

L'éminent chimiste M. W. A. Miller, qui déjà avait partagé les travaux de M. Huggins pour l'application du spectroscope à l'étude des corps célestes, participa encore à ces nouvelles observations. L'expérience fut disposée de façon que le spectre du carbone vînt se produire dans le spectroscope immédiatement au-dessous du spectre de la comète, et les deux physiciens purent reconnaître qu'il n'y avait pas de différence perceptible entre ces deux spectres. Non-seulement la position des bandes coïncidait, mais on pouvait remarquer la même coïncidence dans leur éclat relatif. Ces observations, répétées plusieurs fois, eurent toujours le même résultat.

Nous sommes donc forcés d'en arriver à la conclusion que la comète de Winnecke est formée entièrement ou presque entièrement de carbone volatilisé ! Comment se fait-il qu'une substance aussi fixe par sa nature que l'est le carbone, puisse se volatiliser dans les espaces interplanétaires ? C'est ce qu'il serait extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, d'expliquer. Si encore on avait affaire à une comète qui, comme celle de 1843, s'approcha tellement du soleil, qu'elle n'en était distante que d'environ 100 000 kilomètres, on pourrait comprendre la volatilisation de tous les éléments terrestres connus. La chaleur à laquelle fut soumise cette comète, nous dit sir John Herschel, est égale à celle que nous éprouverions si nous étions entourés de 47 000 soleils aussi brillants que celui qui nous éclaire. Mais la comète de Winnecke ne s'approcha pas autant du soleil. A l'époque où M. Huggins l'observait, elle était au moins aussi éloignée du soleil que l'est la terre, et il est difficile de comprendre comment il se fait qu'à une distance aussi considérable du soleil, la comète fût assez échauffée pour qu'une substance telle que le carbone puisse se volatiliser. Le fait existe cependant, et nous commençons heureusement à comprendre que nous ne pouvons mesurer ce qui existe dans la nature par ce qui nous est intelligible. Nous devons donc nous contenter d'accepter l'importante découverte de M. Huggins, sans chercher quant à présent à l'expliquer. Bientôt, sans doute, de nouvelles découvertes viendront nous fournir les explications qui nous manquent aujourd'hui, car l'astronome, le géologue, le chimiste, ne sont plus isolés aujourd'hui. Il se forme une science universelle qui comprend tous les résultats obtenus de divers côtés ; mais ce qui nous manque malheureusement encore, c'est un homme assez universel et d'un esprit assez vigoureux pour coordonner les principes de la grande science de l'avenir.

E. Barbier.

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)

(de l'Institut).

XXVII

Formation des races humaines. — Rôle de l'hérédité (suite).

Les populations sémitiques, que tout indique comme formant un des plus anciens rameaux de la race blanche, n'échappent pas davantage aux modifications qu'entraîne tout changement de milieu.

Les Touaregs, qui sont frères des Kabyles, ont un teint bien plus foncé. Une vive discussion s'est élevée à leur sujet au sein de la Société d'anthropologie. Plusieurs membres ont argué du croisement des Touaregs avec les nègres. Mais

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707 et 720, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12 et 26 septembre, 3 et 10 octobre 1868.

M. Pruner-bey a fort bien montré que les métis s'isolent, et qu'ainsi il reste certainement un noyau de population dont le sang est sans mélange. Dans tous les cas, sa pureté est hors de doute dans les familles des chefs. A ces remarques si justes, M. Pruner-bey a joint une observation personnelle au sujet des Égyptiens et des Arabes du sud. Habitants d'un climat plus chaud sous lequel les rayons chimiques sont plus actifs, leur couleur est plus foncée que dans le nord et sur les côtes de la Méditerranée.

Mais, sans nous arrêter davantage à ces populations, passons au type sémitique juif que l'on oppose toujours comme exemple d'invariabilité d'une race sous tous les milieux possibles. Les Juifs, en effet, sont répandus sur la surface entière du globe, et partout on a dit et répété que leurs caractères de race sont immuables et qu'on les reconnaît aussi bien en Amérique que dans l'Inde, en Russie qu'en Portugal.

Voyons ce qu'ont de vrai ces assertions si tranchantes et cette fixité proclamée d'une manière aussi absolue. Laissant de côté les observations faites par les partisans de l'opinion à laquelle je me rattache, je prendrai mes arguments dans les écrits et dans les témoignages invoqués par ceux-là mêmes que je combats, et plus particulièrement dans l'*Histoire physique des Juifs*, telle qu'elle est renfermée dans le grand ouvrage de Nott et Gliddon, intitulé : *Types of mankind*.

Divers auteurs, Prichard entre autres, ont réfuté d'avance les opinions de ces deux écrivains, mais je le répète, c'est à mes adversaires eux-mêmes que je compte demander des armes pour les convaincre d'erreur.

Avant tout, demandons-nous quels sont ces caractères prétendus invariables. La question vaut la peine d'être posée, car jamais on ne les a spécifiés, et l'on a eu de bonnes raisons pour cela. La chose, en effet, est impossible. Je vous ai déjà cité, à l'appui de cette assertion, le témoignage d'un des meilleurs juges que je connaisse en pareille matière. Camper, cet anatomiste complet, ce dessinateur de talent qui a passé une partie de sa vie à étudier les traits du visage, et en particulier les profils des médailles; Camper, l'inventeur de l'angle facial et l'auteur d'un discours digne de Lavater, sur l'art de juger des passions d'après les traits; Camper déclare qu'il lui est impossible de caractériser les figures juives, tout en reconnaissant à cette race une physionomie propre très-marquée. Ce résultat ne doit pas vous étonner. Vous savez, en effet, que la physionomie est indépendante des traits du visage. Mais à quoi tient-elle alors? Vous le savez aussi, elle dépend surtout des habitudes, du genre de vie, du milieu intellectuel et moral. Or les Juifs sont restés partout, pendant des siècles, et se trouvent encore aujourd'hui presque partout, placés dans des conditions civiles et sociales identiques. Partout ils vivent à peu près de la même manière, toujours plus ou moins isolés et groupés entre eux, ayant en particulier conservé leur vieille langue.

Ainsi des conditions d'existence identiques et spéciales, l'uniformité portant sur tout ce qu'on pourrait appeler plus particulièrement les éléments de la physionomie, expliquent largement le cachet commun que possède certainement la nation juive dans les groupes même les plus éloignés. Mais il s'agit ici encore une fois, non d'une ressemblance absolue, mais d'une même empreinte générale qui s'est conservée grâce à un ensemble de circonstances qui ne sauraient avoir d'influence physique sur les traits positifs. Aussi voit-on ces derniers varier avec les climats si divers sous lesquels se trouve également acclimatée la race juive.

Ouvrez Nott et Gliddon, et commencez par y lire une lettre de M. Isaac Luser, publiciste juif éminent, originaire d'Allemagne, qui, ayant parcouru une grande partie du globe, a pu visiter ses coreligionnaires à peu près sous toutes les latitudes. Voici le passage que les naturalistes américains invoquent à l'appui de leur thèse : « *Tous les Juifs que j'ai observés ont des traits identiques*. Cependant la couleur de leur peau et de leurs yeux diffère matériellement. Les Juifs méridionaux ont presque tous les yeux noirs plus ou moins foncés. Les Juifs septentrionaux ont en très-grand nombre des yeux bleux, les cheveux blonds et le teint clair. En cela ils ressemblent à tous les Caucasiens transportés pendant plusieurs générations dans des climats différents... En Amérique, vous trouverez toutes les teintes, depuis le Canadien franchement blond jusqu'à la couleur jaune aussi foncée que celle d'un Indien. Cette dernière est, selon moi, l'effet de l'exposition pendant plusieurs générations à l'action d'un climat délétère qui change la texture des cheveux et de la peau, et imprime ainsi sa marque sur la constitution. Je ne crois pas qu'il y ait plus de différence entre les Juifs méridionaux et les Juifs septentrionaux qu'entre les familles anglaises qui restent en Angleterre et celles qui ont émigré dans l'Alabama. »

Il est évident, messieurs, que je ne parlerais pas autrement, et que je ne proclame pas plus hautement moi-même les actions de milieu et les transformations qui en résultent. Pourquoi donc Nott et Gliddon citent-ils cette lettre? Uniquement pour cette phrase qu'ils soulignent : « *Les Juifs sont identiques de traits* », « *are identical in feature* ». Mais quels sont ces traits eux-mêmes? Voilà ce que l'auteur de la lettre ne dit pas, et ses propres développements donnent un démenti complet à cette assertion du début. Il me suffit, après cela, de vous renvoyer à Camper et à vos propres souvenirs. Vous avez tous connu des Juifs très-différents de visage, bien qu'ils eussent en général la même physionomie. Pour moi, j'en ai vu en Alsace appartenant à toutes les conditions. J'ai visité des villages juifs, et tout à côté des villages chrétiens; partout j'ai remarqué la variabilité des caractères physiques. Ai-je regardé avec des yeux prévenus? Voyez ce que dit Pickering des Beni-Israël, ou enfants d'Israël, de Bombay, comparés aux autres Juifs du pays : « Je n'ai pu apercevoir aucune différence entre les Beni-Israël et le reste de la communauté juive, laquelle me présenta une variété inattendue de traits, de complexion et même de costumes » (*an unexpected variety in feature, complexion and even in costume*).

En réalité, la seule conclusion logique de tout le travail de Nott et Gliddon, en admettant l'exactitude rigoureuse de tous les faits qu'ils avancent serait celle-ci : Les Juifs ne se sont pas transformés en Hindous. Celle-là, je l'accepte complétement. Cependant on aurait pu croire la transformation complète sur l'examen d'un noyau juif qui, depuis un temps immémorial, est circonscrit dans la province de Cochin. Là se trouvent deux communautés distinctes, celle des Juifs noirs et celle des Juifs blancs. Elles ont été étudiées, de 1806 à 1808, par le docteur Buchanan, sous-directeur du collége de Fort-William (Bengale), qui a fait connaître leur histoire. Son travail est discuté par Gliddon dans ses *Asiatic Researches*, avec addition de quelques renseignements nouveaux.

Les Juifs noirs, établis depuis un temps immémorial, ont pris toute la complexion des Hindous et n'ont conservé qu'une

ressemblance très-éloignée avec les Juifs d'Europe. Il était souvent impossible au docteur de les distinguer des indigènes. Aussi incline-t-il à penser qu'il y a eu croisement de ce groupe avec des races locales. Nott et Gliddon érigent la simple supposition du docteur en un fait à l'appui duquel ils ne citent absolument qu'une lettre écrite par un Juif distingué, M. Raphall, et sur laquelle je reviendrai dans un instant.

On pourrait opposer à cette opinion d'un croisement avec les Hindous bien des raisons concluantes. Les habitudes séparatistes des Juifs se retrouvent au sein de cette communauté; ils s'y marient entre eux, comme Prichard nous apprend que le font aussi les Juifs de Chine. Il paraît d'ailleurs qu'il existe aussi dans l'Inde, entre les indigènes et eux, l'antagonisme de religions aussi exclusives les unes que les autres. Mais, en définitive, nous sommes ici en présence d'une question de fait sur laquelle les documents manquent de part et d'autre. J'accorderai donc qu'il y ait eu croisement, d'autant que l'identité absolue des Juifs noirs avec les Hindous serait en contradiction avec la différence originelle de ces deux races.

Mais les Juifs blancs nous apportent des arguments dont Nott et Gliddon ne se sont pas doutés. L'histoire de ce groupe est bien connue; on sait qu'il s'est établi dans la province de Cochin, il y a environ dix siècles. De plus, les Juifs qui le composent sont unanimement reconnus comme étant d'un sang très-pur. Or, si on les dit blancs, ce n'est assurément que par comparaison. C'est ici que je placerai la lettre dans laquelle le Juif Raphall cherche à différencier les deux groupes, et où il a dû, par conséquent, plutôt exagérer la blancheur du teint dans le dernier. Voici comment il s'exprime au sujet de ses représentants : « Quoique très-foncés en couleur, ils ne sont pas noirs » (*Though of dark complexion, are not black*). — Vous le voyez, c'est seulement le mot *dark* qui est opposé à l'adjectif *black*. Or, *dark* indique une teinte plus foncée que le basané, *brunet*, et plus claire que le noir d'ébène, *black*. Ainsi on comprend aisément qu'un de ces Juifs, qualifié de *dark* à côté des Hindous, passerait aisément pour *black* si on le comparait à un Juif de France, et surtout à l'un de ces Juifs allemands qui sont aussi blonds que les représentants les plus purs de la race germanique.

Concluons donc avec le correspondant de Gliddon que, malgré son rempart de mœurs et d'usages nationaux, la race juive subit comme les autres l'influence du milieu, car les Juifs portugais de race pure ne ressemblent guère aux Juifs allemands, qui sont restés tout aussi purs.

Dans les exemples précédents, nous avons parlé de populations quittant leur milieu natal pour émigrer au loin, et nous avons vu que des conditions climatériques très-différentes avaient exercé sur elle une grande influence. Mais le climat n'est pas tout. Le milieu, qui comprend d'autres éléments, peut changer même pour des populations sédentaires. Alors certaines conditions d'existence, venant à varier, des races nouvelles peuvent également se constituer. Où sont aujourd'hui ces Gaulois et ces Germains si blonds dont nous parlent les auteurs anciens? Ils sont certainement bien plus rares de notre temps.

C'est là un fait curieux que l'on a observé en Normandie et en Allemagne, et qui se rattache à une observation plus générale.

Les races à cheveux noirs gagnent sans cesse du terrain sur les races blondes. M. d'Omalius d'Halloy donne de ce fait une explication expérimentale. Il fait remarquer que dans un mélange de couleurs blanche et noire par quantités égales, le produit se rapproche toujours plus du noir que du blanc. Tel aurait été, selon lui, le résultat du croisement des races brunes avec les races blondes. La chose n'est pas impossible : cependant il n'y a pas eu au delà du Rhin d'invasions de peuples à cheveux noirs; c'est, au contraire, de la Germanie que les races blondes se sont répandues dans l'Occident. Aussi, tout en admettant l'explication précédente pour les peuples du midi de l'Europe, et peut-être pour les Français, je ne l'accepte pas pour les Allemands, et je pense que si leur couleur a foncé, c'est à d'autres causes, telles qu'un changement de vie, l'augmentation du bien-être, ou l'action d'une nourriture plus excitante, qu'il convient de rapporter ce phénomène. On prétend que les oiseaux nourris de chènevis noircissent plus que les autres. Je ne vous donne l'observation que pour ce qu'elle vaut. En la supposant vraie, elle donnerait lieu à un rapprochement intéressant qui ne peut être, pour le moment, dans ma pensée qu'à l'état de simple conjecture.

Chez nous, dans nos villes et dans nos campagnes, les races sont très-différentes suivant le genre de vie. Supposez que l'on ait découvert trois îles, la première renfermant une population semblable à celle de nos villes de fabriques, *c'est-à-dire* généralement pâle, étiolée et, à certains égards, dégénérée. Supposez que la seconde fût peuplée de gens ressemblant à nos marins des côtes de Bretagne et de Normandie, tandis que la troisième serait peuplée de nos gens de salon. On constaterait entre ces trois groupes, s'ils se trouvaient géographiquement isolés et circonscrits, des différences de teint, de taille et de force physique, telles que des races anthropologiquement très-distinctes n'en présentent pas toujours d'aussi tranchées entre elles.

Je terminerai ces considérations par un fait, ou plutôt par une véritable expérience bien propre à dissiper les derniers doutes relatifs à la proposition que je cherche à prouver, savoir, que, sous l'influence d'un changement des conditions d'existence, il se forme sur place des races nouvelles.

La population irlandaise avait déjà été l'objet de nombreuses observations. Mais voici ce qu'en dit le docteur Hall dans son introduction à l'ouvrage de Pickering. Je traduis textuellement. « A la suite des guerres de 1641 et de 1689, entre l'Angleterre et l'Irlande, de grandes multitudes d'Irlandais furent chassées des comtés d'Armagh et de Down dans une région montagneuse qui s'étend à l'est de la baronnie de Flews jusqu'à la mer. Sur un autre point du royaume, la même race fut refoulée dans les comtés de Leitrim, Sligo et Mayo (Connaught). Depuis cette époque, ces populations ont eu à subir presque constamment les effets désastreux de la faim et de l'ignorance, ces deux grands agents de dégradation. Les descendants de ces exilés se distinguent aisément de leurs frères du comté de Meath et des autres districts, où ils n'ont pas été placés dans des conditions physiques de dégradation. Leur bouche est entr'ouverte et projetée en avant; les dents sont proéminentes, les gencives saillantes, les mâchoires avancées, le nez déprimé. Tous leurs traits portent l'empreinte de la barbarie. Dans le Sligo et la partie nord du Mayo, les conséquences de deux siècles de dégradation et de misère se montrent dans l'organisation physique de ces populations, et ont altéré non-seulement les traits du visage, mais la charpente même du corps. La taille moyenne s'est réduite à cinq pieds deux pouces anglais (quatre pieds sept pouces français). Le ventre s'est ballonné, les jambes sont devenues cagneuses.

Les traits sont ceux d'un avorton. » Ajoutez à ce portrait un teint couleur de suie, et vous aurez la description que les voyageurs nous donnent des populations les plus misérables de la Nouvelle-Hollande. L'auteur continue : « Tout le monde sait que dans d'autres parties de l'île, là où la population n'a jamais subi l'influence de ces causes de dégradation, *la même race* fournit les plus parfaits spécimens de beauté et de vigueur physique et morale. »

Mais ces deux groupes si différents, dont l'un rappelle les Australiens, tandis que l'autre supporte la comparaison avec tous les groupes blancs, sont-ils donc de même race? Oui, — dans le passé,—non dans le présent. Les conditions d'existence ont changé, et il s'est formé une race nouvelle en harmonie avec le déplorable milieu qui succédait à l'ancien.

J'espère que ce dernier fait aura levé vos derniers doutes, et qu'avec moi vous n'hésiterez pas à admettre que l'influence du milieu s'exerce sur l'homme comme sur les animaux ; que chez nous comme chez eux, elle fait se développer et apparaître des races nouvelles. Sans doute celles-ci ne sont pas encore pour la plupart en possession de leurs caractères définitifs; mais, pour ne pas être entièrement constituées, elles n'en sont pas moins déjà très-reconnaissables.

En vous parlant des animaux et des actions que le milieu exerce sur eux, j'ai distingué des cas dans lesquels la relation de cause à effet, — directe ou indirecte, — était évidente, et d'autres où cette filiation nous échappait entièrement. A ces derniers nous avons rapporté l'apparition subite d'anomalies absolument inexplicables. Nous avons vu l'homme s'emparer de ces accidents naturels quand ils pouvaient lui être utiles, puis les propager et les fixer.

Je vous ai cité comme exemples le point de départ et la création des races ancon et mauchamp. J'ai maintenant à vous montrer des faits analogues chez l'homme, et à vous parler de l'apparition de variétés tout aussi accusées dont l'hérédité ferait bien vite des races, si l'on avait intérêt à leur appliquer la sélection la plus élémentaire.

Je vous citerai d'abord l'exemple des hommes porcs-épics, remarquables par des productions cornées épidermiques qu'Alibert et plusieurs médecins classaient comme affection cutanée parmi les ichthyoses. Mais d'autres savants ont avec raison retiré à ce phénomène le caractère pathologique que l'on avait voulu lui attribuer, en montrant qu'il y avait simple modification dans le mode de production de l'épiderme.

L'histoire d'Edward Lambert et de ses enfants est la plus remarquable qu'on puisse citer dans cet ordre de faits. Le personnage en question naquit en 1717 de parents bien conformés. Il ne présentait d'abord rien d'étrange. Mais au bout de neuf semaines, on vit sa peau brunir en s'épaississant de plus en plus. A l'âge de quatorze ans, il fut présenté à la Société royale de Londres. A ce moment, la peau du visage, de la paume des mains et de la plante des pieds avait son aspect normal. Tout le reste du corps était couvert d'une carapace brunâtre épaisse d'un pouce et plus sur certains points. On la comparait à la peau de l'éléphant, du rhinocéros ou du phoque. Seulement elle était irrégulièrement fendillée. Sur les flancs, elle était découpée en prismes grêles mobiles, faisant du bruit par leur entre-choquement. De là le nom d'homme porc-épic.

Tous les ans cette carapace disparaissait à la suite d'une mue. La peau apparaissait alors saine et lisse, mais pour reprendre bientôt après sa nature anormale.

Edward Lambert, fort désireux d'être débarrassé de cette incommode enveloppe, se soumit à un traitement mercuriel énergique, qui par deux fois fut poussé jusqu'à la salivation. La carapace ne disparut que pour se reformer immédiatement, ce qui prouve bien qu'il ne s'agissait pas d'une affection pathologique. Enfin une variole confluente dont Lambert se remit n'amena également que la chute momentanée de son étrange épiderme.

Baker le revit trente-six ans après. Il avait alors cinquante ans, le teint fleuri, la santé excellente et se montrait fort gai. Baker en conclut que s'il se mariait, il pourrait très-bien donner naissance à une race nouvelle. Edward Lambert se maria en effet, et eut six enfants qui tous, neuf semaines après leur naissance, prirent une carapace semblable à celle de leur père. Un seul survécut et se maria; il eut huit enfants, dont six filles et deux fils, John et Richard. Nous n'avons pas de renseignements sur les filles; mais les deux garçons, qui furent examinés en 1802, en Allemagne, par Tilesius, présentaient la même anomalie que les deux générations précédentes. A partir de ce moment, leur trace s'est perdue, et cela est assurément fort regrettable.

La polydactylie constitue un cas d'hémitérie et non point une maladie. L'existence fortuite d'un ou plusieurs doigts supplémentaires avait déjà frappé les anciens, qui avaient remarqué aussi la tendance de ce caractère à se transmettre par l'hérédité.

L'exemple le plus remarquable que l'on connaisse, ou du moins celui sur lequel on a le plus de détails, se rapporte à la famille de Colburn, le célèbre calculateur anglais. C'est grâce à Carlisle que nous connaissons l'histoire des quatre générations dont le tableau ci-joint vous montre les particularités.

Un seul coup d'œil jeté sur ces chiffres vous prouve combien était grande la persistance avec laquelle reparaissait à chaque génération ce caractère introduit dans la famille par l'aïeule.

Or, il y a deux manières d'apprécier cette tendance héréditaire.

On peut prendre le rapport du nombre des individus normaux à celui des individus sexdigitaires; c'est ce résultat que j'ai cherché et que j'ai exprimé d'abord. Mais il me paraît préférable de diviser le nombre des doigts supplémentaires par le nombre des individus de chaque génération.

Il est facile de comprendre l'avantage de ce procédé, si l'on remarque que, pour la dernière comme pour la première génération, celui que j'ai indiqué et appliqué le premier conduit au même résultat, tandis que le second accuse à la quatrième génération une anomalie un peu moins considérable.

Vous voyez, d'ailleurs, que l'anomalie croît jusqu'à la troisième génération, pour laquelle elle atteint son maximum.

Nous devons au médecin Vanderbach, cité par Prosper Lucas, un autre exemple de polydactylie persistante. C'est celui d'une famille espagnole de San-Martino de Valdeclesia, qui, depuis longtemps, présentait de génération en génération la même particularité, compliquée de l'adhérence et de la palmure de deux ou trois des doigts de la main et du pied. Cette difformité était si frappante, que, dans le pays, ces individus étaient connus sous le nom de *los pedaços*, c'est-à-dire *les collés*. Vanderbach, traversant le village, y compta jusqu'à quarante sexdigitaires remontant à la m-

Polydactylie. — Généalogie de la famille Colburn.

Ire Génération.			IIe Génération.			IIIe Génération.			IVe Génération.		
Individus.	Doigts.	Orteils.	Individus.	Doigts.	Orteils.	Individus.	Doigts.	Orteils.	Individus.	Doigts.	Orteils.
									1 M	12	11
									2 F	10	10
						1 M	12	12	3 M	12	12
			1 M	10	10	2 F	10	10	4 M	10	10
1 M	10	10	2 F	11	12	3 M	11	11	5 M	12	12
2 F	12	12	3 F	12	12	4 M	12	12	6 M	12	12
						5 F	12	12	7 F	10	10
									8 M	10	10
Individus normaux : $\frac{1}{2}$			Individus normaux : $\frac{1}{3}$			Individus normaux : $\frac{1}{5}$			Individus normaux : $\frac{1}{2}$		
Anomalie : $\frac{4}{2}=\frac{240}{120}$			Anomalie : $\frac{7}{3}=\frac{280}{120}$			Anomalie : $\frac{14}{5}=\frac{336}{120}$			Anomalie : $\frac{15}{8}=\frac{225}{120}$		

Nota. — Les lettres M et F désignent les individus du sexe masculin et du sexe féminin.

Nous reviendrons plus tard sur ces phénomènes dont rien ne peut nous faire même entrevoir l'explication. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que ce sont là des accidents très-analogues à ceux que nous trouvons à l'origine de la race gnata, de la race ancon et de la race mauchamp. Mais, tandis que la sélection est intervenue pour favoriser la formation des deux dernières, elle est intervenue, au contraire, chez l'homme pour la combattre; en effet, aucun membre de la famille Colburn ne s'est allié à un individu sexdigitaire. Nous voyons cependant que quatre générations ont à peine affaibli l'anomalie primitive. L'exemple de la famille d'Edward Lambert accuse, dans les mêmes circonstances, une persistance héréditaire également très-remarquable.

Il est évident que si les Colburn s'étaient trouvés isolés dans quelque île, l'atavisme et l'hérédité alternante seraient venus, à chaque génération, ajouter leur action à celle de l'hérédité directe. Il en serait résulté en peu de temps la formation de toute une population de polydactyles. Supposez maintenant qu'un polygéniste eût découvert, au milieu de l'Océan, cette île étrangement peuplée. Il n'eût certes pas manqué de proclamer bien haut la découverte du centre de création d'une espèce humaine, la plus distincte de toutes, eût-il peut être ajouté. C'est là une observation qu'il est bon de se rappeler à l'occasion.

XXVIII

Conclusion des leçons précédentes. — Métissage et hybridation chez les végétaux et chez les animaux sauvages.

Notre dernière leçon a clos une des parties de ce cours. Mais, comme je vous le disais en la terminant, il me reste encore à réserver les conclusions générales et à tirer les conséquences immédiates de ce nouveau chapitre que nous venons de parcourir.

Je vous rappelle d'abord que notre but est de motiver notre choix entre les deux doctrines qui se partagent le terrain de l'anthropologie, le polygénisme et le monogénisme. Y a-t-il plusieurs espèces d'hommes, ou bien les divers groupes humains sont-ils des races d'une espèce unique ? C'est la question à laquelle nous nous sommes proposé de répondre.

Or, vous n'avez pas oublié que dans une première partie de cet enseignement, nous l'avons déjà envisagée dans ses rapports avec la morphologie pure. Le résultat de cet examen a été de placer les deux doctrines opposées au moins sur le pied de l'égalité.

En faisant l'abandon aux polygénistes d'un petit avantage dont nous aurions pu, à la rigueur, attribuer le bénéfice au monogénisme, nous avons vu que les différences morphologiques qui existent entre les hommes s'expliquaient également par l'hypothèse d'espèces humaines multiples et par

cette d'une origine spécifique commune pour tous les hommes.

Dans le chapitre suivant, nous sommes entrés sur le terrain physiologique par l'étude des actions du milieu et de l'hérédité. Notre but était d'examiner : 1° s'il se forme des races humaines nouvelles ; 2° comment elles se forment.

Comme toujours, nous avons commencé par voir ce qui se passe chez les végétaux d'abord, puis chez les animaux. Les deux règnes nous ont présenté des faits sur lesquels il était impossible de se méprendre, et nous ont montré les races se multipliant, soit naturellement, soit artificiellement. Toutes les fois qu'il nous a été possible d'apprécier la relation des effets à leurs causes, nous avons vu le milieu jouer le rôle d'agent modificateur et l'hérédité s'emparer des caractères de la variété ainsi constituée pour les transmettre, et, dans certains cas, les aggraver d'une génération à l'autre.

L'homme pouvait-il échapper à cette loi générale qui pèse sur tous les êtres organisés et vivants ? Nous avons montré que non. Portant nos regards sur différents groupes humains à des époques très-récentes, nous avons vu les colons de toutes races donner naissance, en Australie, en Amérique, en Afrique, à des populations plus ou moins différentes de leurs souches respectives ; ainsi se sont formées des races dérivées nouvelles. Bien plus, nous avons vu des races se constituer au sein même de nos sociétés européennes, et nous donner en peu de temps l'exemple de modifications considérables. Je vous ai cité l'exemple des Irlandais de Flews qui, en deux siècles, se sont transformés, par le seul changement des conditions d'existence, en une race dont les représentants ressemblent aux Australiens inférieurs, et qui font aujourd'hui disparate avec leur souche primitive dont les descendants prospèrent dans le voisinage. Exemple bien remarquable et bien instructif, puisqu'il nous montre juxtaposés, pour ainsi dire, le point de départ et le point d'arrivée d'une race de formation nouvelle et rapide.

Maintenant il est naturel de se demander ce qu'ont dû produire des séries de générations se succédant pendant des centaines de siècles.

Nous démontrerons plus tard que le globe s'est peuplé par migrations, que l'homme, en d'autres termes, a fait sa première apparition sur un point unique, d'où il a irradié en tout sens. Jugez donc, avec les données que vous possédez déjà, ce qui a dû se passer pendant cette longue période de migrations. L'homme, sauvage ou tout au moins à demi-sauvage, n'avait pas pour se défendre contre les conditions d'existence qui s'imposaient à lui, quelles qu'elles fussent d'ailleurs, les armes dont il a su se munir depuis, grâce aux progrès de la civilisation. Il était donc presque sans défense contre le milieu. Supposons même que les variations de la température et de l'atmosphère fussent simplement alors ce qu'elles sont aujourd'hui ; l'homme primitif rencontrait au moins dans ses migrations les mêmes obstacles que l'Européen a parfois tant de peine à vaincre, lorsqu'il pénètre en Amérique, en Afrique ou en Australie. C'était aussi pour lui la même nature indomptée ; seulement, comme il se trouvait désarmé devant elle, il devait éprouver des modifications d'autant plus actives, qu'il subissait sans atténuations artificielles et industrieuses l'influence du milieu.

Mais ce milieu lui-même est-il, comme nous venons de le supposer, resté en tout temps identique avec lui-même ? Nous savons aujourd'hui positivement ce qu'il y a quelques années on soupçonnait à peine ; nous savons, à n'en pas douter, que les conditions générales ont extrêmement varié pour l'homme, puisqu'il a traversé au moins les derniers grands changements dont le globe terrestre a été le théâtre. Or, nous connaissons l'industrie des hommes qui ont assisté, non pas assurément en simples spectateurs, mais en véritables lutteurs, à ces transformations du climat et du sol. Nous avons retrouvé leurs armes, et nous savons ainsi combien leurs moyens artificiels de résistance étaient faibles, si on les compare aux nôtres. D'un autre côté, le milieu était d'une telle énergie et passait par de tels extrêmes, que l'état actuel du globe ne nous offre pas d'exemples de transitions comparables.

Qui ne voit les conséquences de ce contraste entre la faiblesse de l'homme et la violence du milieu ? Il est évident que des races nouvelles ont dû se former avec une extrême rapidité, et qu'elles se sont caractérisées d'une manière bien plus profonde que celles dont la formation s'est opérée dans un milieu relativement paisible et ne remonte pas à plus de deux ou trois siècles.

En vérité, si quelque chose doit nous surprendre, c'est qu'il n'y ait pas actuellement plus de différence entre les races humaines extrêmes. Cela tient à cette intelligence admirable qui se retrouve jusque chez le sauvage, dominant la nature brute, et résistant, toujours dans certaines limites, aux influences purement physiques.

Quelles que soient d'ailleurs les différences des groupes humains entre eux, les polygénistes les déclarent originelles et radicales, en leur donnant, dans les principales races, la valeur de caractères spécifiques. C'est qu'il ne leur est pas possible de raisonner autrement. En effet, s'ils admettaient que de tels caractères ne sont pas immuables et primordiaux, mais qu'ils peuvent se modifier et se produire sous quelque milieu que ce soit, ils saperaient eux-mêmes toute leur argumentation, qui repose précisément sur l'existence de différences inexplicables, disent-ils, si on ne les suppose pas originelles. Par là ils sont placés dans une alternative également contraire aux faits.

Ou bien ils nieront la variabilité de l'espèce chez les végétaux et chez les animaux, de manière à faire rentrer l'homme dans la loi générale.

Ou bien ils accepteront, au contraire, la variabilité de l'espèce dans le règne végétal et dans le règne animal.

Le premier parti est celui qu'a pris l'école américaine ; c'est à lui surtout que se sont rattachés Nott et Gliddon dans leurs *Types of mankind*, et notamment dans l'*Histoire monumentale des chiens*.

Les auteurs de ce dernier ouvrage cherchent à établir que le chien ne varie pas, et qu'il a existé de toute antiquité avec les formes si diverses que nous lui connaissons aujourd'hui.

Mais que penser de cette affirmation en voyant l'homme créer chaque jour, pour ainsi dire, de nouvelles races canines ? Et le fait est si vrai, que, lors de notre dernière exposition de chiens, la première médaille a été décernée à une race de création toute récente, élevée par M. de Carayon-Latour. Ainsi les polygénistes américains se mettent en contradiction flagrante avec les faits journaliers et les pratiques d'industries courantes.

Le second système qui consiste à déclarer l'espèce variable chez les végétaux et chez les animaux, mais invariable chez l'homme, a eu également ses fervents adeptes. Le docteur Knox, dans ses *Races of man*, donne l'expression la plus nette de cette doctrine, qui aboutit forcément à faire de l'hom

une exception unique dans la nature. En effet, ceux-là mêmes qui lui reconnaissent la qualité d'être organisé et vivant, commencent par déclarer qu'il échappe aux lois élémentaires de ces êtres, et le font sortir pour ainsi dire de la physiologie générale. Knox donne-t-il d'ailleurs une raison de cette anomalie si étrange? Non; il se borne à la proclamer comme un fait. Je n'hésite pas, pour ma part, à déclarer que l'on ne peut en même temps faire de la science sérieuse et adopter une conclusion aussi peu logique et peu nécessaire.

En résumé, le polygénisme ne réussit pas à rendre compte des modifications de l'individu, si légères qu'elles soient; il ne sait expliquer ni la formation de la race Yankee, ni surtout la transformation des Irlandais de Flews. Il rend compte uniquement des faits de constance et de permanence des types. Mais, le monogénisme ne donne pas de ces derniers une explication moins satisfaisante, et de plus il rend compte des faits de variation. Il lui suffit pour cela d'accepter l'hérédité et les actions de milieu avec leur double rôle si hautement accusé par les faits et qui avait trop souvent été méconnu. Ce rôle, ai-je besoin de le rappeler, consiste, suivant les circonstances, à caractériser plus profondément les races existantes ou à déterminer la formation de races nouvelles.

Mais voici qui éclaire bien mieux le débat entre les deux doctrines. Tandis que le polygénisme sépare forcément l'homme des autres êtres vivants, s'il ne veut pas être obligé de nier des faits vulgaires, le monogénisme accepte tous les faits, les explique dans ce qu'ils ont de général, et surtout ne voit dans l'homme physique qu'un être soumis à toutes les lois de tout ce qui vit. Pour lui, l'homme, envisagé au point de vue purement physique, n'est qu'un animal, rien de plus, rien de moins.

Je ne crains pas de le dire, après les conclusions de la première partie purement morphologique de ce cours, il était très-permis d'hésiter. Au point où nous sommes arrivés aujourd'hui, le contraste est assez frappant pour que tout homme, libre d'idées préconçues et voulant rester sur le terrain scientifique, doive, ce me semble, adopter la croyance monogéniste. Je ne vous le demande cependant pas encore. Je veux accentuer davantage la supériorité déjà si apparente de cette doctrine. C'est pourquoi nous allons aborder un nouvel ordre de faits.

En parlant de la sélection, je vous ai dit que l'homme, lorsqu'il choisissait les reproducteurs, croisait des individus tantôt de même race, tantôt de races différentes. Ces unions entre deux races ont reçu le nom de reproduction ou de génération croisée, et plus généralement de croisement.

Au fond, il n'y a là qu'un simple acte de sélection, qu'un appel à l'hérédité seule. Mais le champ laissé aux chances de variations chez le produit est bien plus large, puisqu'on met en présence des agents modificateurs empruntés à deux races différentes.

Il est évident qu'au lieu de s'adresser à deux races, on peut choisir les reproducteurs dans deux espèces distinctes et tenter entre eux d'autres unions croisées.

Or, s'il y a réellement, comme nous l'avons dit jusqu'ici, un abîme entre l'espèce et la race, il serait bien étrange que les croisements d'espèce à espèce et de race à race s'accomplissent de même, au moins quant aux faits généraux, et donnassent des résultats identiques. Nous allons voir, en effet, que tout est différent dans l'un ou l'autre cas.

La question des croisements se rattache intimement aux fonctions de filiation et de génération. Cela seul indique son importance. En effet, les fonctions de reproduction sont le point par où les êtres organisés et vivants se rapprochent le plus. Il ne s'agit plus ici simplement de ressemblances générales ou d'analogies, mais d'une identité qui s'étend souvent jusque dans les phénomènes accessoires. Vous comprenez donc que nous ayons des enseignements d'une importance extrême à tirer de la question qui va nous occuper. Or, l'étude des animaux et des végétaux, faite à ce point de vue, nous conduira : 1° à justifier ce que nous avons dit de l'espèce, et en particulier la définition que nous en avons donnée ; 2° à différencier nettement l'espèce et la race. Nous comprendrons alors la signification de ces termes non plus d'une manière théorique et abstraite, mais à l'aide d'un *criterium* physique que nous aurons déterminé.

Quand nous aurons ainsi caractérisé, par des phénomènes différents, l'espèce et la race, un simple coup d'œil jeté sur l'homme nous apprendra si les faits que l'on observe chez lui constituent des phénomènes d'espèce ou des phénomènes de race. De là résultera pour nous la solution définitive de notre grande question.

Vous comprenez qu'il est nécessaire d'entrer ici dans les détails. J'ai d'abord quelques définitions à vous donner.

Les botanistes n'ont qu'un terme, celui d'hybridation, pour désigner le croisement entre deux races et entre deux espèces. Seulement ils appellent les produits, dans le premier cas, hybrides faux, et dans le second, hybrides vrais. Les éleveurs ont un mot spécial lorsqu'il s'agit de l'union de reproducteurs pris dans deux races différentes ; ils l'appellent le métissage. Ils s'occupent rarement d'ailleurs du croisement entre espèces différentes.

Nous emprunterons à la science et à la pratique industrielle les deux mots que je viens de définir en me plaçant à leurs points de vue, mais nous en généraliserons l'emploi. Nous appellerons dans les deux règnes : *hybridation*, l'union de reproducteurs *d'espèces différentes*, et *métissage*, le mariage entre individus appartenant à deux *races de la même espèce*. Les produits s'appelleront *hybrides* dans le premier cas, et *métis* dans l'autre. Sous le nom d'hybrides seront compris, pour nous, les hybrides vrais des botanistes, et ce que Is. Geoffroy appelait les métis hybrides. Nous appliquerons de même le nom de métis aux hybrides faux des botanistes et aux métis homoïdes de Geoffroy.

Il convient tout d'abord de distinguer le métissage et l'hybridation suivant qu'ils s'opèrent naturellement, ou que l'homme provoque leur production, qui devient alors artificielle. Ce dernier point de vue est fort important, car l'action humaine, qu'elle soit directe ou plus ou moins médiate, exerce, nous le verrons, une influence très-grande.

Ce n'est pas tout ; nous aurons aussi à examiner séparément les phénomènes de première génération qui trahissent l'action directe des parents, et les faits que présentent les générations suivantes, parce qu'ils font ressortir la nature des produits eux mêmes.

Occupons-nous d'abord du métissage naturel chez les végétaux.

Au premier abord, il se conçoit difficilement. En effet, non-seulement les végétaux sont fixés au sol, mais la plupart d'entre eux sont monoïques, c'est-à-dire que, le plus souvent, le sexe mâle et le sexe femelle sont emprisonnés dans la même corolle. Tout adultère, passez-moi l'expression, paraît

donc impossible. Mais Darwin a montré récemment que, dans bien des cas au moins, il n'y a là que des mariages apparents; que la fécondation se fait souvent de fleur à fleur par l'entremise des agents étrangers. En tout cas, ceux-ci violent aisément le mystère de ces lits nuptiaux en apparence si bien protégés. Le même souffle de vent qui passe sur deux fleurs voisines se charge dans l'une du pollen des étamines, et le dépose sur des stigmates auxquels il semblait n'être pas destiné.

Ce n'est pas tout; les insectes eux-mêmes sont aussi les agents très-actifs de ces unions croisées. Les diverses espèces qui vont de fleur en fleur pour se nourrir de leur suc se chargent de pollen dans les unes, et transportent dans les autres la poussière fécondante dont elles sont enveloppées.

Ce rôle des vents et des insectes est mis en évidence par l'existence seule de végétaux dioïques tels que les palmiers. Ici, en effet, il y a l'individu mâle et l'individu femelle; mais fixés au sol l'un et l'autre, en sorte que tout rapprochement direct est impossible, et qu'il faut bien admettre l'intervention des deux agents que je viens de signaler.

Il est évident que si la fécondation est possible de cette manière détournée, elle doit s'accomplir, soit que le vent secoue sur les stigmates d'une fleur le pollen qu'il a enlevé à une autre, soit qu'un insecte y dépose celui dont il s'est chargé ailleurs. Or, nous voyons tous les jours le croisement entre races s'opérer ainsi de la manière la plus facile et la plus assurée. Aussi la découverte de ce fait si général est-elle presque contemporaine de celle du sexe des plantes.

En 1744, Linné regardait déjà les tulipes flambées qui apparaissent dans des plates-bandes de tulipes à couleur uniforme, comme les produits du croisement de ces dernières races, et il attribuait ce croisement même à l'action indirecte soit du vent, soit des insectes. Il ne tarda pas à découvrir d'autres faits de cette nature, qui, depuis, ont été cent fois vérifiés, et il cita, en même temps que les tulipes flambées, les œillets, les renoncules, les anémones, les jacinthes panachées, etc.

Toutes les parties des plantes peuvent présenter des phénomènes analogues à ceux que Linné, le premier, observa dans la fleur. Je vous renvoie pour ces détails aux ouvrages de botanique, non cependant sans vous avoir cité, à propos du fruit, un ensemble d'observations auquel j'ai déjà fait allusion et qui est extrêmement significatif.

Mon savant confrère M. Naudin a suivi, dans leur développement, plus de 1200 courges (*Cucurbita*) dans la même année. Il a vu que, d'une race à l'autre, la fécondation était aussi facile qu'entre individus de même race. Les fruits étaient là pour l'attester. En effet, M. Naudin ayant semé sur un point les graines d'une même courge, obtint des individus dont les fruits reproduisaient les formes si différentes de toutes les races cultivées dans le jardin. Ce fait si remarquable s'explique par une véritable superfétation. Il atteste qu'il peut y avoir des fécondations successives, et que le pollen emprunté à diverses fleurs, se déposant sur le même stigmate, a fécondé indistinctement les ovules du même ovaire. Cette curieuse observation est très-importante, à notre point de vue, par l'égalité parfaite d'action qu'elle accuse entre les poussières fécondantes d'individus appartenant à des races différentes qui peuvent ainsi se féconder mutuellement.

Je n'insisterai pas sur le métissage naturel chez les animaux. Facilité par la locomotion, il s'accomplit tous les jours sous nos yeux, dans nos exploitations, dans nos basses-cours, et jusque dans nos rues. Si bien que la difficulté n'est pas de le produire, mais de l'entraver. Ici encore la superfétation a été nettement constatée, surtout dans les espèces domestiques qui ont plusieurs petits. Elle est commune en particulier chez le chien.

Occupons-nous maintenant du métissage artificiel chez les végétaux d'abord. Sera-t-il plus difficile ou plus rare que le métissage naturel? Il est évident que non. Les procédés en sont même d'une application si aisée, qu'il est tombé dans la pratique journalière des jardiniers, des maraîchers, etc. Il réussit on peut dire à coup sûr, et n'exige d'autre précaution que celle qui consiste à l'opérer avant que la fécondation naturelle ait eu lieu. On l'emploie souvent pour créer des races ou des variétés nouvelles, parfois aussi pour accroître la fécondité d'une race ancienne.

Chez les animaux, le métissage artificiel est une des méthodes les plus usitées pour l'amélioration ou la modification d'une race. Je ne ferai qu'une observation à ce sujet, n'ayant pas besoin d'ailleurs d'insister sur des faits aussi connus.

Nous avons vu que, lorsqu'une race végétale ou animale est trop perfectionnée, surtout au point de vue de l'engraissement, la fécondité décroît parfois d'une manière très-sensible, et peut même s'éteindre complétement entre ses représentants des deux sexes. C'est qu'une fois l'équilibre physiologique rompu, la prédominance exagérée de certaines fonctions amène un arrêt dans l'activité d'autres organes.

Le croisement avec une race non déviée du type primitif commun intervient alors utilement pour accroître la fécondité qui menaçait de disparaître dans la race perfectionnée, ou pour la lui rendre si elle l'avait déjà perdue.

Je vous ai déjà cité M. de Ginestous, faisant venir dans le Midi des porcs anglais qui, bientôt, ne se reproduisirent plus entre eux. L'intelligent agriculteur fit alors appel au croisement avec les porcs du pays, représentants plus fidèles du type originaire, et vit reparaître la fécondité de sa race anglaise. La vigueur de l'une avait suppléé à la faiblesse de l'autre.

En résumé, le caractère du croisement entre races de la même espèce est d'être universel, très-facile et d'accroître parfois la fertilité de l'une des deux races.

En est-il de même de l'hybridation? Nous allons le demander d'abord aux végétaux.

Il est évident que, pour les plantes, les conditions de l'hybridation naturelle sont les mêmes que celles du métissage. On pourrait même croire que les chances sont plus grandes en sa faveur, car les occasions s'en présentent plus souvent. En effet, le nombre des espèces vivant dans la nature, à peu de distance les unes des autres, est plus grand que celui des races localisées d'une même espèce.

Cependant toutes ne fleurissent pas à la même époque, et il en résulte un obstacle absolu à l'hybridation libre entre un grand nombre d'entre elles. Toutefois il en reste encore assez qui ouvrent leurs corolles et nouent leurs fruits en même temps, pour que la production des hybrides pût être à priori aussi fréquente que celle des métis. D'ailleurs [illegible] de la fécondation naturelle sont les mêmes d'[illegible] que de race à race. Les abeilles et les coléon[illegible] bien d'une fleur à l'autre, et les vents sec[illegible] fécondante avec la même énergie dans les [illegible] miers transportent avec eux le [illegible]

sent retomber indistinctement sur des fleurs d'espèces ou de races différentes. Si donc tout se passait d'espèce à espèce comme de race à race, les hybrides devraient être aussi communs que les métis.

En est-il réellement ainsi ? Quelques mots d'historique seront ici la meilleure réponse.

Déjà nous avons vu que Linné, entraîné par la découverte du sexe des plantes, avait admis la formation d'espèces nouvelles par voie d'hybridation entre les espèces préexistantes.

Indépendamment de cette doctrine qu'il soutint dans les derniers temps de sa vie, Linné, et c'est précisément sur ces exemples qu'il appuyait sa théorie, avait décrit à plusieurs reprises trente-six individus hybrides d'espèces contemporaines.

Or, les travaux et les observations des savants modernes ont montré qu'il était nécessaire de soumettre à un examen plus sévère ces faits exceptionnels. M. Godron n'admet la réalité que de deux ou trois hybrides acceptés par Linné. De Candolle les nie tous également.

Ce botaniste a fait le recensement des cas d'hybridation naturelle connus de son temps. Il en compte environ quarante, dont plusieurs sont contestés par M. Godron. MM. Duchartre et Godron font cependant observer qu'à l'époque de de Candolle, l'attention n'était pas éveillée sur ces faits autant qu'elle l'a été de nos jours. Le nombre de ceux que l'on connaît a donc dû s'accroître depuis. Remarquez d'ailleurs qu'il ne s'agit nullement de séries d'hybrides différents, mais d'individus pouvant être considérés avec certitude comme produits par l'union des représentants de deux espèces distinctes.

Quoi qu'il en soit, le nombre des cas observés est encore si restreint, que certains botanistes semblent admettre l'hybridation naturelle plutôt comme théorie que comme un fait. Il y en a d'autres, tels que Herbert, qui la nient absolument. Sans aller aussi loin, mon savant confrère M. Decaisne n'admet qu'une vingtaine de cas bien avérés. Hâtons-nous de dire cependant que l'hybridation naturelle des végétaux est un fait incontestable, malgré sa rareté.

Il me suffit de vous citer le croisement qui s'est produit, dans le midi de la France, des *Triticum* avec les *Ægilops*, et qui a donné naissance à l'*Ægilops triticoides*, sur lequel nous reviendrons plus tard. M. Godron lui-même insiste sur quelques faits de la même nature ; il en a découvert sept ou huit, et son témoignage en pareille matière n'a pas seulement l'autorité du savant, mais encore celle d'un adversaire déclaré de la variabilité de l'espèce.

Mais que prouvent en résumé tous ces exemples ? Évidemment, en les supposant même quatre ou cinq fois plus nombreux qu'ils ne le sont en réalité, en admettant cent cas d'hybridation naturelle au lieu de vingt, la seule conclusion que l'on en pût tirer serait encore la rareté excessive des hybrides naturels. Que sont une centaine de cas découverts à grand peine depuis Linné, à la suite des recherches actives de nos botanistes, si l'on songe à la multitude des espèces végétales ? Que sont-ils, comparés à ces métis sans nombre qui se forment constamment sous nos yeux, et dont les courges nous ont montré la production si facile, grâce à la fécondation du même fruit par le pollen que le vent ou les insectes enlèvent aux fleurs d'une multitude de races différentes ? Rien n'indique en effet, dans aucun des cas signalés, qu'il y ait eu superfétation ou quoi que ce soit d'analogue.

Constatons d'ailleurs que les hybrides naturels ne sont pas plus nombreux entre les espèces cultivées qu'entre les espèces sauvages. Il est même à remarquer que dans les jardins de botanique, où un si grand nombre d'espèces sont réunies, leur rareté est excessive. On a tiré de là un argument contre la réalité de l'hybridation naturelle ; mais M. Godron a pris soin de le réfuter en citant quelques observations personnelles.

Ainsi, tandis que l'homme est impuissant à empêcher la production naturelle du métis, il a une peine infinie à découvrir quelques hybrides naturels.

Les animaux donnent lieu aux mêmes observations et présentent les mêmes faits. L'hybridation naturelle entre les espèces sauvages a été niée pendant longtemps. Mais Is. Geoffroy a réuni quelques exemples bien avérés qui ne laissent pas le moindre doute. Cependant il n'en cite toujours qu'un très-petit nombre, et seulement pour une partie très-restreinte du règne animal. On ne connaît aucun cas d'union entre espèces différentes de mammifères qui se soit produite en dehors de l'action humaine.

Chez les oiseaux, la plupart des exemples que l'on a observés ont été pris dans le groupe perdrix, dont les différentes espèces avaient déjà été signalées par Aristote pour la violence de leurs appétits reproducteurs. Gluger rapporte encore un ou deux cas d'hybridation naturelle entre l'hirondelle de fenêtre et l'hirondelle de cheminée.

Temminck parle d'unions qu'il a observées entre les espèces noire et grise de la bergeronnette ; mais elles se sont produites dans des localités où l'une était très-nombreuse et l'autre rare. Neumann cite encore la corneille noire et la corneille mantelée comme s'étant accouplées. Voilà tout ce qu'on a observé chez les oiseaux. Les reptiles n'ont fourni aucun exemple analogue. Morton assure seulement avoir vu un crapaud essayant de féconder des œufs de grenouille. Le fait a pu se produire, mais assurément n'a donné naissance à aucun produit. Il résulte en effet de fécondations artificielles tentées par Spallanzani, que le liquide fécondant du crapaud n'exerce aucune action fertilisante sur les œufs de grenouille. Les anciens ichthyologistes ont cité plusieurs cas d'union entre espèces différentes de poissons. Mon éminent et regrettable confrère, M. Valenciennes, les a repris et a reconnu qu'ils reposaient sur des erreurs de détermination, et que ces prétendues espèces n'étaient autre chose que des races d'espèces distinctes mal déterminées à cette époque.

D'ailleurs, quand même cette classe d'animaux compterait quelques rares hybrides naturels, cela ne détruirait en rien nos conclusions.

En continuant à descendre l'échelle animale, nous ne trouvons absolument aucun cas analogue à ceux, en si petit nombre, que nous avons rencontrés chez les oiseaux. On a surpris des unions entre insectes d'espèces différentes, mais toujours improductives, paraît-il.

Quelques faits douteux chez les poissons, une tentative aussi malheureuse qu'isolée chez les reptiles, quelques cas d'hybridation bien avérés entre des oiseaux remarquables par leur ardeur génésique, tel est le bilan de l'hybridation naturelle entre espèces animales sauvages.

Ce croisement exceptionnel devient un peu moins rare dès que la domestication de l'une ou l'autre des espèces intervient. Les unions entre chiens et loups se produisent de temps à autre, et ont généralement lieu de la chienne au loup. Ce produit est un animal présentant des caractères

particuliers, entre autres une couleur plus foncée que celle du loup; on le connaît sous le nom de loup lycaon. On connaît également quelques unions entre le chien et la louve, mais seulement dans le voisinage de certaines tribus à demi-sauvages. Je ne vois nulle part ailleurs, ni exemples, ni assertions de cas d'hybridation naturelle, car les unions entre le chien et le chacal, le cochon et le sanglier, sont, vous le savez, du domaine du métissage.

Chez les oiseaux, je ne crois pas que l'hybridation se soit produite d'espèce domestiquée à espèce sauvage autrement qu'entre quelques individus tenus en volière; mais des cas de cette nature rentrent dans un ordre de faits que nous examinerons prochainement et qui supposent une large part laissée à l'action humaine.

Ainsi des différences radicales et profondes existent entre l'hybridation et le métissage.

Livrées à elles-mêmes, les races se croisent comme s'apparient des individus de même race, avec autant de facilité, une fécondité égale et parfois accrue; de plus, les phénomènes de superfétation viennent affirmer l'égalité de puissance génésique des diverses races dans leurs croisements réciproques.

L'hybridation naturelle, au contraire, n'a lieu qu'exceptionnellement. En général, les animaux paraissent répugner à ces unions qui sont en quelque sorte forcées. Chez eux comme chez les végétaux, elles sont d'ailleurs aussi généralement incertaines ou même infécondes que rares.

XXIX

Hybridation artificielle chez les plantes et chez les animaux. — Comparaison avec les phénomènes du métissage. — Application aux croisements humains.

Nous avons dit dans notre dernière leçon combien était rare le croisement entre espèces végétales ou animales livrées à elles-mêmes. De plus, ces croisements n'ont lieu qu'entre espèces voisines.

L'intervention de l'homme a multiplié considérablement ces unions; mais, chose remarquable, elle n'a pour ainsi dire pas reculé les limites entre lesquelles sont compris les cas d'hybridation naturelle. Tous ces derniers supposent des espèces voisines, n'ont presque jamais lieu entre genres différents et jamais de famille à famille. Il en est de même dans nos expériences d'hybridation artificielle. Celles-là seules réussissent qui remplissent les conditions précédentes.

Parlons d'abord des végétaux. Linné avait cru à la formation d'espèces nouvelles par l'hybridation entre espèces de familles différentes. Il en était même venu à rattacher toutes les espèces actuelles à un petit nombre de types primitifs. Cette erreur de la fin de sa vie fut bientôt reconnue. Dès 1761, Kœlreuter fit connaître les résultats de ses belles observations poursuivies pendant vingt-sept années avec une habileté et une sagacité consommées; aujourd'hui encore son ouvrage fait autorité pour l'hybridation, dont il établit les lois. Ces lois ont été vérifiées et confirmées par Knight, Gærtner, Sageret, Lecoq, Godron, et tout récemment par mes deux confrères MM. Decaisne et Naudin.

La première se résume dans cette observation, que le croisement n'a jamais lieu de famille à famille, très-rarement entre genres. Il faut d'ailleurs se rappeler que ce mot de genre ne désigne pas, dans la langue du botaniste, un groupe bien nettement défini; les limites en sont souvent arbitraires, de valeur inégale et contestables. Aussi M. Godron fait-il justement remarquer que le fait même d'unions entre représentants de ce qu'on a appelé deux genres différents serait une raison pour se méfier de la détermination respective de ces groupes, et pour reprendre par conséquent la discussion des caractères du genre. Sans plus entrer dans le détail des faits, je tiens à vous faire connaître les paroles mêmes de de Candolle, ainsi que je les trouve rapportées dans la *Physiologie végétale* de M. Godron. Il fait observer que les genres « sont des groupes qui, quoique naturels dans certains cas, ont des limites que le botaniste fixe, dans d'autres cas, d'après des opinions arbitraires et variables.... Ainsi on doit s'attendre que, lors même que l'hybridité serait déterminée dans tous les cas par un degré fixe d'affinité, ce degré pourrait bien n'être pas d'accord avec notre classification générique. »

Même entre espèces de genres très-voisins, le croisement présente souvent une difficulté extrême ou même une impossibilité absolue.

Il y a des familles entières dans lesquelles les tentatives d'unions entre genres ou même entre espèces voisines et du même genre n'ont jamais réussi. On peut affirmer le fait pour les crucifères et les ombellifères. Il est d'autant plus remarquable, que le métissage naturel a lieu dans ces familles avec une facilité souvent trop grande, au dire de MM. Naudin et Sageret.

Dans les genres qui se prêtent le mieux à l'hybridation, on voit parfois des espèces d'apparences très-différentes se féconder réciproquement avec facilité, tandis que d'autres, très-voisines, se refusent à toute union croisée, ou ne s'y résignent pour ainsi dire que très-difficilement. Cela résulte des expériences faites au Muséum par M. Naudin. Deux espèces de Nicotianes, le *Nicotiana glauca* et le *N. tabacum*, se prêtent aisément à l'hybridation, tandis que le *N. Langsdorfii* et le *N. paniculata* ne s'unissent que très-difficilement, même aux espèces les plus voisines.

Il est une autre différence frappante entre le métissage et l'hybridation. S'agit-il du métissage, le croisement peut avoir lieu dans les deux sens, c'est-à-dire qu'on peut prendre indistinctement le père ou la mère dans un groupe ou dans l'autre. Leur union est également facile et féconde dans les deux cas. S'agit-il, non pas de races, mais d'espèces, il n'en est plus ainsi. Le croisement est parfois possible ou impossible, suivant que c'est l'une des deux espèces qui donne le père et l'autre la mère. On ne peut donc, dans ce cas, permuter les termes de la reproduction; il n'y a pas en effet réciprocité de puissance fécondante entre les deux groupes. M. Lecoq, cité par M. Godron, a fait un grand nombre d'expériences sur les *Mirabilis*: il a reconnu que le *Mirabilis jalapa* se croisait avec le *M. longiflora*, à la condition expresse de jouer le rôle de mère. Du moment que les rôles sont intervertis, l'expérience cesse de réussir. M. Godron a fécondé très-aisément l'*Ægilops ovata* par le froment (*Triticum vulgare*), mais la tentative inverse, faite à plusieurs reprises pendant trois ans, a toujours échoué.

Enfin, même dans les cas les plus favorables, de nombreuses et minutieuses précautions sont toujours nécessaires pour mener à bien l'hybridation. Voici d'abord un fait général sur lequel insistent tous les auteurs. Pour peu que les organes femelles aient subi l'action du pollen appartenant à la fleur même ou à une fleur de même espèce, toute fécondation r

pollen, si abondant qu'il soit, d'une espèce différente, devient impossible. Ainsi les chances d'hybridation tiennent, on le voit, à bien peu de chose. Cela résulte de ce fait que la superfétation si nettement signalée dans le métissage est exclue de l'hybridation.

Quant au procédé employé pour assurer les croisements de race à race et d'espèce à espèce, il est toujours le même, sauf un redoublement de précaution dans le dernier cas.

Voici comment on opère. S'agit-il d'un végétal dioïque, c'est-à-dire unisexué, on peut se borner à envelopper la fleur que l'on a d'abord fécondée dans une gaze gommée que l'on a soin d'attacher sous la fleur pour que l'isolation ne soit pas illusoire. Il vaut encore mieux, car la méthode est plus sûre, agir de la manière suivante : On plante un piquet en terre et l'on fixe à son extrémité une planchette horizontale, dans laquelle on a pratiqué un trou ou une rainure d'un diamètre ou d'une largeur qui correspondent à la grosseur de la tige qui porte la fleur. On y engage alors cette tige et l'on bouche soigneusement les fissures de la planchette avec de la mousse ou du coton, de manière à empêcher l'arrivée de poussières fécondantes étrangères sans s'opposer à l'accès de l'air ; puis on recouvre la branche d'une cloche de verre qui repose sur ce support improvisé. Quant à la fécondation même, elle se fait en touchant le stigmate de la fleur avec un pinceau chargé du pollen déterminé.

Si la fleur est monoïque ou hermaphrodite, il faut, avant son épanouissement, ouvrir le bouton et couper les étamines ; en d'autres termes, opérer une véritable castration ; puis on agit comme dans le cas précédent.

Cependant, quelque soin qu'on prenne, même lorsque l'hybridation est possible, on échoue souvent. Nous avons vu que, dans le cas du métissage, on est sûr de réussir presque à tout coup. Il est enfin un autre fait général. La fécondité est étrangement diminuée par l'hybridation, et la fleur fécondée par un pollen *spécifiquement* étranger ne donne le plus souvent qu'un très-petit nombre de graines. Nous reviendrons plus tard sur les exceptions que présente cette règle.

Nous arrivons à l'étude de l'hybridation artificielle chez les animaux. Elle a été pratiquée dans le règne animal avant de l'être chez les plantes, et depuis un temps pour ainsi dire immémorial. M. Godron fait remarquer que le mulet existait à l'époque de David et du temps d'Homère, dix à onze siècles environ avant notre ère.

Vous savez combien, chez les Romains, un attelage de mulets était estimé. Les anciens connaissaient aussi le croisement de l'espèce mouton et de l'espèce chèvre ; ils distinguaient même les produits suivant que le père était emprunté à l'une ou à l'autre. L'union d'une brebis et d'un bouc donnait un *tityre ;* l'union d'une chèvre et d'un bélier produisait un *musmon.* Ainsi les faits de l'hybridation chez ces espèces anciennement domestiquées ont été observés de très-bonne heure. De là à concevoir des croisements presque indéfinis entre toutes les espèces animales, il n'y avait qu'un pas, à des époques où la science était encore elle-même peu éclairée. Aussi a-t-on cru à des hybridations de toute sorte, et est-on allé jusqu'à admettre l'union féconde de l'homme avec certains mammifères. Les *Annales judiciaires* sont là pour attester que des malheureux ont expié par les derniers supplices des crimes impossibles.

A une époque relativement récente, en 1543, une femme fut brûlée vive à Avignon avec son chien pour avoir mis au monde un enfant monstrueux dont la figure attestait, disait-on, des relations coupables. Il est inutile de dire que cet enfant n'était autre chose qu'un de ces monstres dont la tératologie se borne aujourd'hui à enregistrer de temps à autre l'apparition. Cependant le fait est rapporté dans l'ouvrage de Licetus, *De monstris,* qui était classique encore au XVIIe siècle, et dans lequel l'auteur ne met pas en doute la juste appréciation des juges d'Avignon.

Sans aller aussi loin, les savants du dernier siècle croyaient encore possibles les unions fécondes entre animaux de classes différentes. En 1749, l'illustre Réaumur, témoin des amours d'une poule et d'un lapin, espéra voir naître de cet accouplement « des poulets vêtus de poil ou des lapins couverts de plumes » ; et Bonnet, après l'avoir cité, se bornait à dire que « probablement Réaumur avait trop espéré ».

En effet, ces tentatives étranges que j'ai constatées moi-même à Bréhat entre une chatte et un chien ne sont jamais suivies d'effet. Mais elles nous apprennent à quel point l'instinct de reproduction peut devenir impérieux, et comment l'homme a pu le dévier de manière à opérer en quelque sorte, chez les animaux, des fécondations forcées, sinon complétement artificielles, comme celles qu'il réalise entre végétaux.

De nombreux essais ont été tentés dans cette voie. On peut même dire qu'au Muséum, ils n'ont jamais été abandonnés depuis Buffon. Ils ont été continués par Daubenton, par les Geoffroy Saint-Hilaire père et fils, par Frédéric Cuvier et par M. Flourens.

Grâce aux travaux de ces savants illustres et de leurs émules, on peut dire que les règles de l'hybridation sont les mêmes en zoologie qu'en botanique. Dans les deux règnes, le fait se montre accompagné des mêmes particularités et des mêmes restrictions. Chez les animaux comme chez les végétaux, le croisement n'a jamais lieu entre familles différentes ; il est également très-rare d'un genre à l'autre. Remarquons d'ailleurs qu'ici plus encore qu'en botanique, nous devons tenir compte des remarques de de Candolle. En effet, la détermination de ce dernier groupe a singulièrement varié depuis Linné. Les *grands genres linnéens,* ainsi qu'on les appelait de son temps, sont devenus à peu de chose près nos familles naturelles.

La division en genres a vu sa valeur décroître à mesure que, dans des groupes de cet ordre dont le type était peu variable, le nombre des représentants spécifiques est allé en croissant. La multiplication des espèces entraîne en effet la multiplication des genres, si l'on veut conserver les avantages de la nomenclature binaire qui vient si efficacement au secours de la mémoire des naturalistes. De là, surtout dans les classes qui ont attiré l'attention des amateurs, l'abus que l'on a fait de cette division, abus que les naturalistes les plus distingués déplorent hautement à propos des oiseaux, des insectes, etc. De là aussi l'accroissement du nombre des tribus.

Ainsi s'explique la valeur réelle de certaines hybridations entre animaux que l'on avait cru pouvoir rapporter même à des tribus différentes. C'est ce qui est arrivé pour le croisement du faisan et du tétras à queue fourchue (*Tetras tetrix*). Déjà M. Geoffroy avait remarqué que ces deux oiseaux n'appartenaient pas à deux familles distinctes. Le même naturaliste reproduit l'observation faite par M. Godron à propos du genre considéré dans le règne végétal. Lui aussi, reconnaissant que la plupart des hybrides *bigénères* ont lieu entre genres très-

une raison pour réviser les limites de ces groupes.

En résumé, les choses se passent, dans le règne animal, absolument comme chez les plantes. Quant au procédé employé par l'homme pour déterminer l'hybridation, il repose sur ce détournement de l'instinct dont je vous ai donné quelques exemples. Il faut isoler les reproducteurs des individus de leur espèce et rapprocher ceux d'espèces différentes. Souvent il convient d'élever ceux-ci ensemble dès le jeune âge, afin que l'habitude de la vie commune amène entre eux une familiarité plus complète. Quand l'instinct de la reproduction s'éveille, il parle très-haut et met ces animaux dans un état de surexcitation extrême. Vous savez que, même chez les animaux libres de s'unir normalement, le moment du *rut* est une époque où le caractère se transforme, et qui a inspiré aux campagnards l'expression énergique d'époque de la folie. Chez les couples d'espèces différentes soumis à la séquestration, l'instinct de la reproduction, ne pouvant se satisfaire d'une manière régulière, ne tarde pas à s'égarer et transforme finalement en époux les compagnons de captivité.

Entre espèces depuis longtemps domestiques, la déviation est plus facile; elle est, pour ainsi dire, préparée d'avance par les habitudes prises et la familiarité des rapports quotidiens.

Mais ces unions sont-elles fécondes? Ici reparaît le fait signalé chez les végétaux. Nous savons que, dans l'hybridation artificielle des plantes, l'homme peut provoquer directement et sans intermédiaire la fécondation. Cependant le plus souvent il échoue. Il en est de même chez les animaux à l'union desquels son industrie ne peut s'appliquer que d'une manière indirecte. On peut dire d'une manière générale que les rapprochements de cette nature qu'il parvient à déterminer sont, dans la plupart des cas, absolument inféconds, ou, s'ils aboutissent, accusent une sensible diminution de la fécondité.

Je mets sous vos yeux un tableau dans lequel j'ai réuni tous les faits parvenus à ma connaissance d'unions fécondes observées entre animaux d'espèces et de genres différents.

Tableau des hybridations naturelles ou artificielles fécondes.

Hybridations entre espèces animales sauvages.

MAMMIFÈRES.............. 0

OISEAUX.

Verdier..................	et Chardonneret.
Coq de bruyère..........	Tétras à queue fourchue.
Corneille noire..........	Corneille mantelée.
Perdrix bartavelle........	Perdrix grise.
Tétras à queue fourchue....	Lagopède des saules.
Faisan..................	Grand tétras.
Perdrix bartavelle........	Perdrix rouge.
Hirondelle de fenêtre......	Hirondelle de cheminée.
Merle..................	Grive.
Anas clangula..........	*Mergus albellus*.
Bergeronnette grise.......	Bergeronnette noire.

POISSONS.

Cyprinus carpio..........	et *Cyprinus carassius*.
Cyprinus carpio..........	*Cyprinus gibelio*.
Cyprinus carpio..........	*Cyprinus barbus*.

Hybridations entre espèces animales domestiques, privées ou captives.

MAMMIFÈRES.

Macaque ordinaire........	et Macaque bonnet chinois.
Macaque ordinaire........	Macaque Rhésus.
Macaque ordinaire........	Macaque couronné.
Macaque ordinaire........	Guenon grivet.
Cynocéphale papion........	Cynocéphale chacma.
Lion..................	Tigre.
Jaguar..................	Panthère.
Furet..................	Putois.
Chat domestique..........	Chat sauvage d'Europe.
Chat domestique..........	Chat de Cafrerie.
Chien..................	Loup.
Porc-épic..............	Acanthion de Java.
Chameau..............	Dromadaire.
Alpaca..............	Vigogne.
Cerf gymnote............	Cerf de Virginie.
Cerf axis..............	Cerf pseudo-axis.
Chèvre..............	Mouflon à manchettes.
Chèvre..............	Bouquetin.
Chèvre..............	Brebis.
Brebis..............	Mouflon de Corse.
Yak..................	Zébu.
Yak..................	Bœuf.
Bœuf..................	Bison.
Bœuf..................	Buffle.
Cheval..............	Ane.
Cheval..............	Couagga.
Cheval..............	Zèbre.
Ane..................	Zèbre.
Ane..................	Dauw.
Ane..................	Hémione.
Hémione..............	Zèbre.
Hémione..............	Dauw.

OISEAUX.

Fringilla puncluloria......	et *Fringilla molucca*.
Canari..................	Cini.
Canari..................	Venturon.
Canari..................	Tarin.
Canari..................	Linotte.
Canari..................	Chardonneret.
Canari..................	Pinson.
Canari..................	Verdier.
Canari..................	Bouvreuil.
Canari..................	Bruant.
Tourterelle des bois.......	Tourterelle à collier.
Pintade..................	Paon.
Pintade..................	Coq.
Cygne blanc..............	Cygne noir.
Faisan ordinaire..........	Coq.
Faisan ordinaire..........	Faisan à collier.
Faisan ordinaire..........	Faisan doré.
Faisan ordinaire..........	Faisan argenté.
Colin de la Californie....	Colin houi.
Tourterelle d'Europe......	Faisan à collier.
Colombe à oreillons........	Colombe maillée.
Colombe à oreillons........	Colombe à nuque perlée.
Goura couronné..........	Goura Victoria.
Canard musqué..........	Canard ordinaire.
Oie domestique..........	Oie de Guinée.
Oie domestique..........	Oie à cravate.
Sarcelle..............	Morillon.
Ridenne..............	Canard siffleur.

POISSONS.

Saumon..................	et Truite commune.
Saumon..................	Truite des lacs.
Saumon..................	Ombre-chevalier.
Carpe..................	Carpe carassin.
Carpe..................	Gibèle.

INSECTES.

Bombyx du ricin..........	et Bombyx du vernis du Japon.
Bombyx Spini...........	*Bombyx Carpini.*
Papilio jartina...........	*Papilio jarina.*
Vanessa Urticæ...........	*Vanessa Atalanta.*
Zygæna filipendula........	*Zygæna Ephialtes.*

ARACHNIDES.

Phalangium cornutum..... et *Phalangium opilio.*

Chez les singes qui vivent ensemble, les unions croisées sont très-fréquentes. Il suffit de s'être arrêté au Muséum, devant la rotonde de ces animaux, surtout il y a quelques années, alors qu'on y en lâchait une plus grande quantité à la fois, pour savoir combien sont nombreuses les tentatives d'accouplement entre individus d'espèces différentes. Cependant on n'y a constaté que quatre cas d'hybridation féconde, tous admis par M. Gervais, mais dont un est regardé comme douteux par Geoffroy Saint-Hilaire.

Le canari, ou serin des îles Canaries, se croise avec notre serin indigène et avec le chardonneret. Ces croisements sont même entrés dans la pratique habituelle des amateurs. Dans le premier cas, bien que les deux espèces soient très-voisines, il n'est pas rare que les œufs soient clairs; ils le sont plus souvent encore dans le second.

Frédéric Cuvier a constaté, en 1808, un exemple d'union entre le cygne et l'oie; il en résulta neuf œufs, dont un seul fit éclosion. Voilà qui donne idée de la diminution de fécondité, conséquence ordinaire de l'hybridation.

Cependant certaines espèces, lorsqu'on les unit par le croisement, donnent des produits d'une manière régulière. D'autres présentent à cet égard des différences curieuses.

L'âne et le cheval offrent un exemple d'unions hybrides à la fois faciles et à peu près constamment fécondes. Le bouc et la brebis présentent, au contraire, dans leur accouplement, des anomalies singulières. Ces deux espèces, domestiquées de temps immémorial, se croisent entre elles, c'est là un fait acquis de longue date et qu'il est impossible de révoquer en doute. Leur rapprochement a été tenté au Muséum : Buffon et Daubenton ont réussi deux fois; les Geoffroy Saint-Hilaire père et fils ont échoué dans la même expérience. Au Chili, ce croisement est si habituel et si facile, qu'il est devenu la source de toute une industrie qui exploite la toison particulière de l'hybride.

L'union du bélier et de la chèvre est dans le même cas.

Ces variations dans les phénomènes de reproduction croisée tiennent à des actions de climat, ou mieux de milieu, dont nous parlerons à propos des produits de l'hybridation.

Parfois des circonstances, encore indéterminées, exercent une influence décisive et rendent accidentellement fertiles des unions qui avaient toujours échoué jusque-là.

L'hybridation du lièvre et du lapin a été tentée pendant bien longtemps et sur une infinité de points sans jamais réussir. Les lièvres introduits dans les lapinières étaient bientôt trouvés morts. Buffon et Geoffroy Saint-Hilaire ont essayé en vain. Cependant, en 1773, Amoretti avait obtenu, en Italie, un produit d'une hase et d'un lapin. En 1847, M. Roux, président de la Société d'agriculture d'Angoulême, réussit également à provoquer des unions fécondes entre le lièvre et la lapine. Il paraît même qu'il put fonder avec les métis une véritable industrie, et que ses *léporides* se vendaient sur le marché plus chers que les lapins ordinaires. Toutefois nous aurons à examiner et à discuter le fait. M. Broca a été moins heureux dans ses tentatives, il a toujours échoué. Aujourd'hui, M. Gayot, ayant renouvelé l'expérience, a réussi. Nous reviendrons plus loin sur ces faits.

En résumé, si vous parcourez le tableau que j'ai mis sous vos yeux, vous conclurez avec moi que nous ne connaissons que deux espèces dont le croisement soit à peu près toujours et partout régulier et fécond. Je veux parler de l'âne et du cheval. Ici l'union est également facile dans les deux sens, et chaque espèce peut fournir soit le père soit la mère. Si le bardeau est moins commun que le mulet, c'est qu'étant plus petit et plus faible, on a moins d'intérêt à le propager.

A quoi tient une hybridation aussi exceptionnellement régulière entre ces deux espèces? Est-ce à leur domestication immémoriale? Ne résulte-t-elle pas plutôt d'une aptitude naturelle et spéciale au croisement. Je n'entrerai pas dans ces questions quelque peu mystérieuses, bien que Pallas ait cherché à les résoudre. En réalité, nous n'en avons pas la clef.

Dans tout ce qui précède, je n'ai parlé que de la génération sexuelle, qui est la génération proprement dite, laissant de côté tout ce qui se rapporte à la reproduction agame, aux phénomènes de la généagenèse.

Il n'y a, en effet, que bien peu ou point de rapport entre ces deux modes de reproduction. Le premier seul mérite le nom de génération. Le second n'est, ainsi que nous l'avons dit, qu'un simple phénomène d'accroissement; et c'est à lui que pourrait, surtout dans certains cas, s'appliquer la phrase par laquelle Blainville définit l'espèce.

Il est évident que tous les acacias sans épines dont nous avons parlé sont effectivement l'individu apparu par hasard dans les pépinières de M. Descemet, propagé dans l'espace et dans le temps.

Cependant il est bon d'indiquer l'analogie que présentent, au point de vue du métissage et de l'hybridation, les phénomènes de la greffe et ceux de la reproduction normale.

Étudions d'abord, chez les végétaux, ce procédé généagénétique.

Greffer un végétal sur un autre, c'est toujours, quel que soit le mode que l'on emploie, prendre sur lui un ou plusieurs individus et les transporter sur un tronc étranger. Les botanistes et M. Duchartre en particulier, dans l'excellent article sur la greffe dont il a enrichi le *Dictionnaire des sciences naturelles*, compare les divers procédés qui servent à la mettre en pratique aux différents modes de multiplication des végétaux. Il rapproche la greffe en écusson de la reproduction par semis, la greffe en fente de la bouture, et la greffe par approche du marcottage. Cette manière de voir est incontestablement des plus légitimes. En effet, le bourgeon de la greffe est comme une espèce de graine, et le tronc étranger un véritable terrain auquel on la confie. Mais ce terrain a cela de particulier qu'il fait partie d'un être organisé et vivant; en sorte que nous pouvons voir aussi dans la greffe une sorte de mariage. Or, les individus qu'elle soude l'un à l'autre peuvent être de races ou d'espèces différentes. On peut donc aussi comparer jusqu'à un certain point la greffe au métissage et à l'hybridation. Vous allez voir d'ailleurs que ce qui se passe dans les deux cas justifie pleinement cette comparaison.

Comme dans le métissage végétal ou animal, la greffe réussit toujours entre variétés ou races d'une même espèce, à condition toutefois qu'on prenne les précautions ordinaires.

D'un autre côté, en dépit des soins les plus attentifs, elle ne réussit jamais entre individus de familles différentes. En-

succès est souvent incertain. C'est seulement dans un même genre et d'une espèce à l'autre qu'il est généralement assuré.

Ainsi la greffe, sorte d'union anatomique des végétaux, présente des phénomènes correspondants à ceux du métissage et de l'hybridation proprement dits. Seulement, grâce à elle, les limites de la reproduction s'étendent quelque peu, puisqu'elle réussit ordinairement entre espèces de même genre. Mais, dans aucun cas, la limite de la famille ne se trouve franchie.

L'étude de la greffe animale est bien moins avancée que celle de la greffe végétale. Cependant le peu de faits de cette nature recueillis jusqu'ici paraissent assurer les mêmes tendances. Seulement les limites pour la réussite sont peut-être plus restreintes encore que lorsqu'il s'agit de l'hybridation.

Vous connaissez certainement de réputation les belles expériences de M. Ollier sur la reproduction des os, qui lui ont valu de partager avec M. Sédillot le prix spécial proposé par l'Académie des sciences. M. Ollier a transporté des fragments de périoste pris à certains animaux, soit chez des individus de même espèce, soit d'espèces différentes.

Dans le premier cas, il a toujours vu sa greffe, implantée dans un nouvel organisme, s'y développer et produire un tissu osseux normal. Dans le second cas, elle s'est toujours déformée et n'a donné naissance à aucun tissu.

M. Bert a fait aussi de très-curieuses expériences sur la greffe animale. En général, ce sont des fragments plus ou moins étendus de queues de rat qu'il a implantés ou introduits sous la peau de différents animaux. Il a opéré ainsi sur un jeune rat avec un fragment de $0^{m},02,005$ pris sur un autre rat de même âge. Au bout de trois mois, il s'était développé une queue longue en tout de 9 centimètres, ayant atteint, par conséquent, la dimension à laquelle elle serait arrivée normalement sur son premier propriétaire.

M. Bert a répété la même expérience sur un mulot avec la queue d'un rat blanc, et a également réussi. Il a introduit ensuite, sous la peau du ventre d'une grenouille, un os pris chez un autre de ces animaux. Un mois après, sa grenouille était morte par accident; il reconnut que la greffe était déjà adhérente et vascularisée. Au contraire, insérés sous la peau de chiens et de chats, de courts fragments de queues de rat amenaient toujours l'un ou l'autre de ces deux résultats : ou bien il y avait inflammation, suppuration et finalement expulsion de ce corps étranger, ou bien il était résorbé par une espèce de digestion locale.

Ainsi l'expérience réussissait, en général, lorsque la greffe et le sujet étaient pris dans la même espèce ou tout au moins dans des espèces très-voisines du genre *Mus*, mais elle échouait complétement entre animaux appartenant à des groupes plus éloignés.

Laissons maintenant de côté la greffe, et résumons rapidement les enseignements qui découlent pour nous de notre dernière leçon et des faits que je vous ai exposés dans celle-ci.

Nous venons d'examiner ce que sont le métissage et l'hybridation naturels et artificiels chez les végétaux et chez les animaux. Nous avons trouvé partout des faits semblables. Est-il nécessaire de rappeler les caractères qui différencient ces deux ordres de faits dans les deux règnes?

On peut les résumer ainsi :

Le métissage est partout et toujours facile. Il entraîne une fécondité régulière, indéfinie, égale et parfois supérieure à soient les races. Enfin, il est souvent accompagné de phénomènes de superfétation.

L'hybridation, au contraire, est impossible dans l'immense majorité des cas. Elle l'est même souvent entre les espèces d'un même genre, si voisines qu'elles paraissent. Enfin, dans les cas les plus favorables, la fécondité est presque toujours irrégulière et diminue souvent dans une proportion énorme. L'hybridation n'accuse jamais aucun fait de superfétation.

Tels sont les caractères par lesquels se distinguent le métissage et l'hybridation à la première génération, toutes les fois qu'on les examine entre individus dont les rapports ne laissent place à aucune incertitude.

Voyons maintenant quelle application nous pourrons faire des conclusions de cette étude à l'histoire de l'homme.

Rien ne nous permet de supposer que, dans le règne humain, les phénomènes relatifs à la reproduction soient soumis à des lois différentes de celles qui les régissent dans les deux règnes.

Tout démontre, au contraire, que ces lois sont générales. Chez l'homme, chez les animaux et chez les végétaux, les appareils sont de même nature, les éléments appelés à jouer un rôle actif sont semblables de structure et de composition chimique. Les phénomènes physiologiques sont identiques.

Donc, si les groupes humains sont autant d'espèces différentes, nous constaterons certainement dans leur croisement les phénomènes généraux de l'hybridation ; s'ils constituent des races, nous trouverons ceux du métissage.

Eh bien ! les unions de groupe à groupe sont-elles faciles? sont-elles fécondes? le sont-elles partout et toujours? On a élevé des doutes sur l'affirmation à propos de certaines populations. Nous examinerons avec soin les allégations de cette nature, car, dans une pareille question, il ne faut pas laisser un seul point dans l'obscurité. Aujourd'hui, je me bornerai à prendre les deux types extrêmes et à vous soumettre quelques observations dont leurs unions ont été l'objet.

Le blanc aryen et le nègre de Guinée sont, pour ainsi dire, les termes opposés de l'humanité. Or, depuis trois siècles, l'esclavage les a rapprochés et mis en contact continuel sur la surface du monde entier. Partout il y a eu des unions réciproques, partout aussi elles ont été aussi fertiles que si elles avaient eu lieu entre individus de même race, en tenant compte toutefois de la fécondité relative de chaque race.

On peut dire que l'épouvantable immoralité de certains propriétaires d'esclaves vient fournir ici des preuves surabondantes de ce que j'avance. Ces preuves, je n'hésite pas à le dire, sont même trop probantes, car on ne peut, sans en rougir pour la dignité humaine, signaler des faits tels que celui de planteurs calculant sur leur paternité fréquente pour alimenter leur commerce et se faisant les éleveurs de leurs propres enfants.

Y a-t-il dans ces unions quelque chose qui rappelle cette exaltation des instincts reproducteurs qui semble nécessaire pour rendre possible l'hybridation chez les animaux? Cela peut être dans quelques cas spéciaux : de la part d'un équipage blanc abordant, après une longue traversée, un territoire peuplé de noirs, ou de la part d'un nègre qui s'est emparé d'une blanche. Mais la plupart du temps ces unions n'ont pas l'excuse d'un appétit naturellement surexcité. Elles ont souvent lieu dans des circonstances peu faites pour favoriser la fécondité, étant la conséquence, soit de la débauche, soit

de la violence d'un maître brutal qui force une esclave tremblante. Cependant la fécondité reste toujours ce qu'elle était dans l'une et l'autre race. Enfin la superfétation, ou tout au moins la conception par deux pères différents, a été constatée dans ces croisements. C'est même dans les unions entre les blancs et les individus aussi colorés que les nègres qu'il faut en chercher des exemples probants.

Plusieurs cas très-circonstanciés ont été signalés. On a vu plusieurs fois des femmes donner le jour à deux jumeaux de couleur différente. Prosper Lucas cite même le fait d'une négresse accouchant de trois enfants, l'un blanc, l'autre noir, le troisième cabre, c'est-à-dire de la couleur de métis de mulâtre et de nègre.

Ainsi l'étude de la reproduction, à ne considérer que les premiers actes des parents, conduit à reconnaître qu'entre les groupes humains il y a métissage et non pas hybridation. En d'autres termes, que ces groupes sont les races d'une même espèce et non des espèces distinctes. Il reste à étudier la question dans les produits des unions croisées; elle nous conduira aux mêmes conclusions.

Arm. Anglivirl.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

M. A. DESCAMPS.

Cyanures doubles analogues aux ferro et aux ferricyanures.

Dans une première note sur les cyanures doubles (1), j'ai donné la préparation et les principales propriétés du manganocyanure et du manganicyanure de potassium ; j'ai montré, de plus, toute l'analogie que ces deux sels ont avec les ferro et ferricyanures. Je désire aujourd'hui faire connaître à l'Académie les principaux résultats que j'ai obtenus avec le cobalt, et faire voir que ce métal, comme le fer et le manganèse, en se combinant avec le cyanure de potassium, peut donner naissance à deux séries bien distinctes de sels, les cobaltocyanures et les cobalticyanures.

On savait déjà, par les travaux de Gmelin, que le cyanure de cobalt, CoCy, en se dissolvant dans le cyanure de potassium, donne lieu, après avoir absorbé l'oxygène de l'air, à un sel jaunâtre bien défini, le cobalticyanure de potassium ; mais, jusqu'ici, on n'avait pas entrevu le cobaltocyanure, bien que ce soit lui qui se forme tout d'abord, et que l'autre n'en dérive que par oxydation. Voici comment je suis arrivé à effectuer cette préparation. Lorsqu'on verse une solution concentrée de cyanure de potassium dans un vase contenant du cyanure de cobalt hydraté, en ayant soin de laisser ce dernier sel en excès, et en évitant toute élévation de température, on obtient une liqueur verdâtre, simple solution de cyanure de cobalt dans le cyanure alcalin. Si l'on abandonne cette liqueur à elle-même, on la voit bientôt devenir rouge à sa surface, par la formation du cobaltocyanure de potassium, et elle laisse en même temps déposer une poudre verte qui est, comme je le dirai plus loin, le cobaltocyanure de cobalt et de potassium.

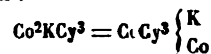
Si, au contraire, on a soin d'ajouter primitivement un très-léger excès de cyanure de potassium, on obtient bientôt une solution rouge très-foncée de cobaltocyanure de potassium. J'ai recommandé plus haut d'éviter toute élévation de température, en entourant de glace le vase où s'opère la réaction, et, en effet, sans cette précaution, la liqueur rouge s'échauffe rapidement en se décolorant, et l'oxydation du sel s'effectue en quelques instants aux dépens de l'eau, avec dégagement d'hydrogène.

Évaporée rapidement dans le vide, cette solution abandonne sur les bords de la capsule quelques petites aiguilles rouges de cobaltocyanure, mais la plus grande partie se décompose. Pour préserver ce sel d'une altération aussi rapide, j'ai dû le précipiter tout de suite de sa solution aqueuse par l'alcool, puis le laver deux ou trois fois avec de l'alcool ordinaire, pour enlever le petit excès de cyanure de potassium qu'il renfermait. Si alors on le dissout dans un peu d'eau, on obtient une liqueur rouge moins altérable et qui peut cristalliser. Le cobaltocyanure de potassium est rouge, très-déliquescent, insoluble dans l'alcool et dans l'éther; altérable à l'air, il se conserve assez bien sous l'alcool. La dissolution se décompose par l'ébullition en cobalticyanure de potassium et en sesquioxyde de cobalt : une trace de potasse caustique active beaucoup cette oxydation, et le cyanure de potassium la produit presque instantanément dans une solution étendue.

Le cobaltocyanure de sodium et celui de baryum possèdent la même couleur. Avec les solutions métalliques, le cobaltocyanure de potassium donne les réactions suivantes :

Sulfate de zinc, précipité rougeâtre assez stable;
Sulfate de manganèse, précipité couleur de chair ;
Acétate de plomb, précipité jaune ;
Sel de bioxyde de mercure, précipité orangé ;
Sulfate de cadmium, précipité rose.

Si l'on verse, dans une solution concentrée d'azotate de cobalt, une solution concentrée de cyanure de potassium rendue très-alcaline par de la potasse caustique, on obtient un précipité vert que j'ai déjà cité plus haut, et qui est le cobaltocyanure de cobalt et de potassium :



$$Co^2KCy^3 = CoCy^3 \left\{ \begin{matrix} K \\ Co \end{matrix} \right.$$

Ce composé vert se produit aussi si l'on verse une solution de potasse sur du cyanure de cobalt hydraté. Insoluble dans l'eau, peu altérable quand on l'a bien desséché, il est au contraire très-soluble dans le cyanure de potassium, et reproduit du cobaltocyanure.

Il me reste maintenant à indiquer en quelques mots un autre mode de préparation du cobaltocyanure par la *réduction* du cobalticyanure. Il y a quelque temps, un chimiste allemand annonçait que l'amalgame de sodium transformait rapidement le ferricyanure en ferrocyanure. J'ai eu l'idée de répéter cette expérience, et de voir s'il était possible, par ce procédé, étant donnés les cyanures de manganèse, de cobalt et de chrome analogues au ferricyanure, d'obtenir les composés analogues au ferrocyanure. L'expérience a complétement réussi. Le manganicyanure de potassium en dissolution concentrée dans l'eau se transforme rapidement en manganocyanure ; il se forme en même temps une certaine quantité de manganocyanure de manganèse et de potassium, composé vert que j'ai décrit dans ma note précédente.

Le cobalticyanure de potassium, dont la solution est presque incolore, donne rapidement, avec l'amalgame de sodium, une liqueur rouge de cobaltocyanure que j'ai pu caractériser facilement.

Ayant enfin soumis à la même épreuve une solution concentrée de chromicyanure de potassium, sel d'un blanc jaunâtre, étudié déjà par Berzelius, la liqueur s'est immédiatement *colorée* en rouge par la formation du chromocyanure de potassium. La solution de ce sel est rapidement décomposée si on l'étend d'eau ; la chaleur la décompose. Elle donne, avec les solutions métalliques, diverses réactions dont je n'indiquerai que quelques-unes, n'ayant pas eu le temps encore d'étudier suffisamment ce nouveau corps :

Avec les sels de zinc, précipité rouge brun ;
Avec les sels de chrome, précipité vert;
Avec le sel de cobalt, précipité rouge ;
Avec le sel de manganèse, précipité vert.

Ces recherches ont été exécutées au laboratoire de M. Fremy, au Muséum d'histoire naturelle. A. Descamps.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

(1) Voyez ci-dessus, page 327, numéro du 18 avril 1868.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 47 24 OCTOBRE 1868

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS

(SESSION DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN).

M. MAX VON PETTENKOFER.

L'Hygiène publique en Allemagne.

Les générations humaines naissent et disparaissent sur la terre; elles se développent et se succèdent comme tout ce qu'il y a de vivant. Quelques-unes durent peu, d'autres plus longtemps; tantôt elles jouissent d'une exubérante prospérité, tantôt elles végètent misérablement. Elles tendent vers leur but avec des efforts différents, mais c'est toujours de leur état sanitaire que dépend en grande partie la faculté d'accomplir leur mission, faculté qui est entravée par la maladie.

La santé et la maladie ressemblent à la force et à la faiblesse : elles n'ont rien de simple ni d'absolu; ce sont des états *compliqués*, relatifs. Aucun homme n'est absolument sain, aucun n'est absolument malade; mais chacun a des parties et des organes qui le sont plus ou moins. La santé, considérée d'une manière générale, est une somme de fonctions organiques dont le jeu harmonique nous permet de poursuivre facilement le but de la vie. Développer chacune de ces fonctions, éloigner tout ce qui pourrait troubler l'harmonie de l'ensemble, tel est, dans le sens le plus vaste, le devoir de l'hygiène.

Enfants, nous héritons déjà de nos parents d'une certaine somme de santé; plus tard une autre partie nous est léguée par les circonstances et par les influences extérieures, pendant que nous vivons et que nous nous développons. Les conditions extérieures qui ont agi sur la santé des parents exercent encore, sur les enfants et sur les petits-fils, une certaine action très-remarquable suivant les circonstances. La santé doit donc être rangée parmi les plus grands biens qui puissent échoir aux familles, aux tribus et aux peuples. On est communément habitué à la considérer comme un bien dont la jouissance est toute naturelle, mais dont on ne saurait que peu ou nullement accroître ni diminuer la valeur : guérir les maladies des individus, voilà seulement ce que chacun considère comme un devoir important.

L'hygiène peut puiser spécialement à deux sources de nos connaissances : d'abord, dans l'étude toujours croissante des fonctions de l'organisme, c'est-à-dire dans la physiologie; en second lieu, dans l'expérience des causes qui peuvent troubler ces fonctions ou leur jeu harmonique, c'est-à-dire dans l'étiologie des maladies. Elle se trouve par conséquent dans la même situation que la médecine, qui progresse à l'aide de la physiologie et à l'aide de sa propre expérimentation, en apprenant à guérir les maladies ou à pénétrer l'action des médicaments. Il s'écoulera peut-être bien des années encore avant qu'on puisse expliquer comment certaines doses de quinine guérissent, d'une manière si réglée, la fièvre intermittente, ou qu'on sache exactement pourquoi diverses localités et diverses saisons produisent cette maladie. Néanmoins notre défaut de connaissances sur la connexion intime des faits ne doit pas nous empêcher d'utiliser ces mêmes faits dans l'intérêt de l'humanité.

La première source de nos connaissances, celle qui est relative aux fonctions organiques, était autrefois inaccessible au genre humain; ses eaux coulent même actuellement avec parcimonie en proportion des besoins, bien qu'elles grossissent constamment. Quant à la seconde, celle qui est relative à l'expérimentation portant sur des faits appropriés et utiles, on a pu y puiser de tout temps. Déjà l'intelligence humaine en a retiré de grands avantages, et des penseurs éminents, des observateurs perspicaces, ont su la faire profiter au bien de générations et de peuples entiers.

Les fondateurs des peuples et des États ont toujours compris l'importance de règlements et d'ordonnances ayant pour objet d'assurer et d'accroître la santé des masses, car avec la santé s'accroissent l'aptitude au travail et la force des populations. Aussi les préceptes hygiéniques ont-ils formé, dès les premiers temps, une partie de la religion ou de la législation civile, et sont devenus le sujet des méditations des sages et des savants. Nous les retrouvons dans Moïse, dans Lycurgue et dans Hippocrate.

Les prescriptions hygiéniques contenues dans les écrits de Moïse excitent encore à juste titre notre admiration. Le principe de l'isolement et de la désinfection dans les maladies contagieuses, tel qu'il a été énoncé et institué pour la première fois par Moïse, existe encore de nos jours; les moyens seuls ont varié partiellement dans son application. Que d'ordonnances sont relatives au choix attentif des aliments! La police de salubrité ne veille chez nous qu'à l'entretien des voies et des places publiques; Moïse la fait veiller d'abord à la propreté de l'homme et jusqu'à l'entretien des latrines des camps de son peuple temporairement nomade en Arabie, de ce peuple qui devait devenir aussi nombreux que les grains de sable sur le bord de la mer et exister jusqu'aux temps les plus reculés.

Les règlements organiques des Grecs et des Romains renfermaient aussi plusieurs dispositions relatives à la conservation de la santé. Lycurgue s'était efforcé de rendre aussi saine et aussi forte que possible la race des Spartiates, — mais malheureusement à l'exclusion des ilotes, — et d'en faire surtout des

hommes aptes à la guerre. Ce législateur attachait la plus grande importance à la nourriture et à l'exercice corporel, comme s'il s'était agi d'associer le mouvement nutritif à la gymnastique. Il plaçait au second rang l'influence de l'exercice intellectuel et l'importance des ilotes, de ce laborieux prolétariat de Sparte. Ce procédé exclusif fut d'abord couronné de succès ; mais l'endurcissement corporel, finissant par dominer, troubla l'harmonie : ce fut quelque chose d'antinaturel qui portait en soi-même son châtiment, car la force de l'homme ne dépend pas exclusivement de sa force musculaire ni de son aptitude militaire ; d'ailleurs la séparation rigoureuse des castes a toujours paralysé les peuples.

Les règlements des Grecs et des Romains avaient une autre portée. Ils étaient créés pour le salut de tous, des hommes et des femmes, des individus libres et des esclaves ; ils prescrivaient la propreté des habitations et la nécessité de les pourvoir d'une eau pure. Les travaux effectués par les Romains, dans la construction de la *Cloaca maxima* et de leurs aqueducs, ont commencé à être repris à notre époque à l'aide de forces nouvelles et de moyens perfectionnés. Vitruve nous raconte, entre autres choses, que la ville de Salapie fut transférée d'une localité où elle avait beaucoup à souffrir de la fièvre, dans une autre distante de quatre milles, après que la nouvelle place eut été préalablement assainie par Hostilius. C'est le cachet de toute civilisation que de prendre des dispositions relatives à l'entretien et à l'accroissement de la santé publique, de ne pas songer, comme l'animal, exclusivement à soi et à ses propres enfants pendant un certain temps, de ne pas se soumettre enfin ni de s'abandonner aux circonstances naturelles, locales ou temporaires. On peut considérer l'activité d'un peuple dans cette direction comme la mesure de son aptitude à jouer un rôle dans la civilisation du genre humain, pour ainsi dire comme la mesure du sens commun qui lui est dévolu.

Cette qualité se trouvait portée au plus haut degré chez les anciens Romains, un des peuples les plus civilisés. C'est ce que prouvent d'une manière symbolique les usages religieux qu'ils observaient dans leurs colonisations. Avant de fonder une colonie durable, les prêtres immolaient des animaux pris dans la contrée, surtout ceux qui servaient à l'alimentation. Ils examinaient avec un soin particulier l'intérieur des victimes, leurs entrailles, et ce n'est qu'après les avoir trouvées parfaitement saines qu'ils jugeaient que la fondation d'une colonie dans la localité était agréable aux dieux. C'est du résultat de ces vivisections ou, pour mieux dire, de ces recherches anatomo-pathologiques, que les Romains faisaient dépendre le choix de leurs résidences.

Dans ces temps reculés, le soin de l'hygiène publique n'appartenait pas seulement à la religion et à l'État, mais encore à la science qui ne considère les choses que pour elles-mêmes. Nous en trouvons la preuve dans les écrits d'Hippocrate, que l'on doit considérer comme l'auteur du plus ancien traité d'hygiène qui nous soit parvenu. On trouve en effet, parmi ses écrits, un livre remarquable dont le titre apprend déjà qu'il renferme des questions d'hygiène : c'est son livre sur l'air, l'eau et le sol, *De aere, aquis et locis*.

Ainsi, plus de deux mille ans avant notre époque, l'influence de ces éléments sur la santé de l'homme était considérée comme un fait incontestable, et Hippocrate a tenté d'expliquer cette influence à l'aide des connaissances et des méthodes scientifiques d'alors. Les résultats ne pouvaient naturellement être supérieurs à la science de cette époque ; et aujourd'hui nous pouvons à peine retirer de son livre un enseignement ou une utilité particulière ; mais on y trouve des faits si judicieux et si nouveaux pour l'époque, que l'on comprend aisément l'estime avec lequel on l'a accueilli dans l'antiquité. On ne peut même le lire aujourd'hui sans étonnement. Ainsi, pour citer un exemple, Hippocrate a écrit un chapitre complétement moderne relativement aux constructions sur pilotis dans le nord de l'Asie Mineure. Là, au milieu des eaux, les hommes habitaient des maisons bâties sur des pieux, et, portés sur leurs barques, ils ne touchaient que rarement la terre ferme. Dans ce même livre si remarquable, Hippocrate a effleuré le principe d'une des théories les plus importantes des temps modernes, de la théorie de Darwin, dont les conséquences sont encore incalculables, mais qui a été malheureusement plus combattue que connue. Hippocrate, en effet, écrit que, de son temps, sur les bords du Phase, habitaient des peuplades remarquables par la forme allongée de leur tête et par la configuration de leur crâne dolichocéphale. Ce fait serait résulté de la coutume, suivie pendant longtemps chez ce peuple, de comprimer la tête des nouveau-nés et des enfants à l'aide d'un bandage approprié. Plus tard l'allongement de la tête se serait produit de lui-même, et cette forme, artificielle au début, serait devenue tout à fait naturelle à la fin et se serait transmise des pères aux enfants. Qui ne reconnaît dans ce récit le principe de la théorie de Darwin ? On pourrait même s'écrier à ce sujet : Il n'y a rien de nouveau sous le soleil ! si l'on ne considérait que d'une manière superficielle les choses ayant trait à une recherche scientifique spéciale, et si l'on ne pouvait embrasser d'un même coup d'œil leur évolution successive, leur accroissement en résultats et en moyens plus parfaits.

L'hygiène publique actuelle s'occupe encore essentiellement des mêmes objets dont elle s'occupait à l'époque de Moïse et d'Hippocrate. Ainsi nous étudions aujourd'hui l'influence de l'air, de l'eau et du sol, de l'alimentation et de l'exercice corporel. Cette poursuite d'objets constamment les mêmes ne s'observe pas seulement dans l'hygiène, mais dans la médecine, sa sœur, dans toutes les sciences, et surtout dans tous les grands problèmes de la civilisation qui, presque tous, s'étaient déjà posés jadis, et qui ont été résolus plus tard successivement. Mais lorsque l'on compare les progrès faits suivant certaines directions à ceux qui ont été accomplis dans l'antiquité, on les trouve tantôt grands, tantôt faibles, selon que l'on considère les choses en détail ou en général. Chaque progrès considéré d'une manière générale paraît faible ; ainsi, il est possible de retrouver dans l'antiquité un modèle de nos chemins de fer et de nos télégraphes eux-mêmes. Le vaste réseau des solides voies stratégiques dont les Romains ont recouvert les nombreux pays qu'ils avaient conquis excite encore, par ce qui en reste, un juste étonnement, et la prise de Troie fut télégraphiée en quelques heures, à l'aide de signaux de feu, de l'Asie Mineure à Argos, en Grèce.

Lorsque nous nous demandons quelles sont les connaissances générales que nous possédons de plus qu'Hippocrate sur l'influence de l'air, de l'eau et du sol, nous ne pouvons sentir notre cœur battre plus fort sous l'influence de ce sentiment dont l'humanité s'enorgueillit ; nous ne constatons aussi que la lenteur avec laquelle tout progresse. La plupart des médecins se trouvent encore de nos jours au même point qu'Hippocrate ; ils accordent avec peine l'existence d'un rap-

port indéterminé et général entre ces choses et notre santé, et ils nient l'existence de ce rapport dans les cas spéciaux où l'on pourrait le considérer comme jouant un rôle important. C'est d'ailleurs le fait de la nature humaine d'accorder des propositions générales, mais de les combattre dans leurs applications aux choses concrètes. Ainsi, on admet facilement que la nature du sol, son degré d'humidité, exercent quelque influence sur la production de certaines maladies épidémiques ; mais, dès qu'on veut faire un pas en avant, dès qu'on veut estimer comme convenable telle nature de sol, tel degré déterminé de son humidité ; quand, par exemple, on considère la porosité du sol comme une de ses qualités fondamentales, et l'origine de l'eau de puits comme un point de repère fixe pour déterminer le degré d'humidité ; quand enfin on admet que l'éloignement de ce point fixe de la superficie, son élévation ou son abaissement, exercent une certaine influence, alors on a soin d'objecter que de pareils sujets de recherches restées si stationnaires depuis Hippocrate ne sauraient qu'induire en erreur.

Si l'hygiène publique veut devenir une science, elle doit marcher dans la voie suivie par Hippocrate, et ne pas s'en laisser détourner, lors même que les résultats initiaux seraient si insensibles qu'ils ne mériteraient pas la moindre attention de la part de la pratique.

D'ailleurs, les soi-disant praticiens ne possèdent pas toujours un jugement arrêté sur ces objets ; ils se laissent trop dominer par le besoin et par les résultats actuels. La pratique travaille essentiellement sur des choses toutes faites, elle s'entend mieux à moissonner qu'à ensemencer. Mais tout ce qui commence à se développer ne peut arriver subitement à la maturité, la moisson ne peut succéder immédiatement aux semailles. Il faut donc nous garder d'appliquer à l'individu le vieux proverbe : « Qui ne sème pas ne doit pas moissonner », à moins que nous ne voulions nous priver des plus grands résultats de la civilisation. En effet, il est des choses et des enseignements qui ne se développent que lentement, qui n'arrivent à leur maturité que dans l'intervalle de plusieurs générations ; les moissonneurs ne sont souvent que les neveux ou les arrière-neveux de ceux qui ont remué le sol et l'ont ensemencé. Cette comparaison s'applique à presque toutes les grandes vérités qui ont été mises en application ; elle s'applique également à de nombreux travaux et à de nombreux enseignements de l'hygiène. Ce serait pour un peuple un signe de barbarie et de rétrogradation, sur les degrés de la civilisation, que de n'accorder ses soins et sa protection qu'aux choses d'une utilité immédiate. Qui ne travaille pour l'avenir n'est pas digne de l'avenir ; arrivé avec le présent, on disparaît alors avec lui.

C'est parce que nous ne pouvons concevoir que des choses toujours imparfaites, mais capables d'être développées à leur maturité, que nous procurons à la pratique de nouveaux sujets d'application. La science ne doit s'occuper que de la vérité des choses, jamais de leur utilité, qui arrive toujours d'elle-même. La vérité est pour le chercheur ce que sont pour l'homme pieux la justice et le royaume de Dieu ; tout le reste lui est donné par surcroît. Il n'y a peut-être, dans l'histoire de la civilisation, aucun exemple plus convaincant que l'invention de la télégraphie électrique, considérée aujourd'hui comme une chose non-seulement pratique, mais indispensable. Son origine date des observations de l'anatomiste Galvani, qui a vu les cuisses de grenouille se contracter lorsqu'il les touchait en certains points avec des métaux. Vous imaginez-vous quelque grand praticien assistant aux expériences de Galvani, le voyant s'occuper pendant des années à faire contracter des cuisses de grenouille dépouillées de leur peau, au lieu d'en préparer un bon potage comme l'aurait fait tout homme sensé ? Et quel est, pensez-vous, le nombre des grands personnages pratiques de cette époque, hommes d'État, théologiens, généraux ou médecins, qui aperçoivent alors, dans les travaux de Galvani, la possibilité d'un résultat utile ? Tous ne voient, dans ses recherches, qu'un misérable passe-temps, peut-être même une folie ou une occupation coupable. Mais, grâce aux travaux ultérieurs de Volta, de Sömmering, de Steinheil, de Wheatstone, de Morse et d'autres encore, notre télégraphie, si pratique et si utile, a pris naissance. L'homme d'affaires paye plus de 100 florins de notre monnaie pour envoyer quelques mots d'Angleterre en Amérique, à l'aide du câble déposé au fond de l'Océan, tandis qu'il n'aurait pas seulement donné un kreutzer au professeur Galvani pour ses expériences sur les cuisses de grenouille : et pourtant ces expériences étaient le germe d'où devait naître, comme un fruit colossal, le câble transatlantique. On pourrait citer un grand nombre d'exemples semblables, si l'on voulait montrer combien la mécanique pratique, l'étude des machines, a profité de la culture de l'astronomie et comment elle s'est élevée au degré où nous la voyons parvenue aujourd'hui.

Permettez-moi de vous dire quelques mots d'un préjugé contre lequel l'hygiène publique a eu souvent à se défendre. Toutes les grandes inventions humaines ont commencé par être petites : de même que l'homme, elles ont été enfantées dans la douleur ; elles ont dû, comme nos enfants, être entourées de fatigues, de sollicitude et de sacrifices. Eh bien ! à chaque progrès on oppose un préjugé basé sans doute sur un but conservateur, mais qui finit par devenir absurde chez un petit nombre d'individus qui ne peuvent tolérer aucun progrès : ils objectent que le monde peut exister en l'absence de tout ce qui fait parfois époque, que le monde a d'ailleurs toujours existé, et que les choses considérées comme indispensables sont arrivées toutes successivement et au moment opportun. Ces ennemis du progrès quand même sont également les ennemis de l'humanité ; il faut se borner à leur faire observer que le monde existerait bien aussi et peut-être mieux sans eux.

Mais il en est autrement du préjugé naturel, de ce préjugé légitime qui naît dans l'esprit de tout homme sensé, contre les innovations dans les choses ordinaires. La langue allemande a peut-être choisi, à ce sujet, la meilleure expression. Les préjugés (*Vorurtheile*) sont des aperçus qu'on possède sur un objet avant d'être en état de prononcer un jugement définitif. Le préjugé devance nécessairement le jugement, et nous sommes obligés de nous laisser guider par lui, avant de pouvoir nous prononcer définitivement. Le préjugé enfin est, dans son vrai sens, une sorte d'instinct qui nous prémunit contre les dommages pouvant résulter d'innovations non justifiables ; c'est une conception naturelle qui ne devient nuisible et coupable qu'autant qu'on néglige ou qu'on laisse échapper les occasions de la transformer en un jugement, qu'autant qu'on la prodigue ou qu'on en abuse.

Le préjugé naturel, s'opposant aux idées nouvelles, produit en général quelque bien ; il modère l'élan de ces idées qui, à mesure qu'elles se développent, deviennent par suite plus fortes, plus saines et plus opportunes. Il agit en quelque

sorte comme le frottement dans les machines en mouvement. On peut dire d'une conception dont le préjugé naturel ne peut se rendre maître, ou bien qu'elle n'est pas fondée sur la vérité, ou bien qu'elle n'est pas conforme à l'esprit du temps.

Les diverses conceptions sur l'hygiène publique eurent aussi à soutenir ce combat, et l'on peut dire que ce fut pour elles un véritable bien. Mais, aujourd'hui, nous vivons manifestement dans un siècle qui commence à pencher vers les idées nouvelles. On ne peut trouver de preuve plus péremptoire à l'appui de ce que j'avance, que la pensée éclose au sein de l'assemblée des naturalistes et médecins de créer désormais une section spéciale pour l'hygiène publique. Les motifs de cette décision sont rapportés dans un promémoire des docteurs Spiess et Varrentrapp, travail connu d'ailleurs de la plupart des assistants, et qui leur a été exposé d'une manière claire et convaincante. A la suite de ce grand pas fait par le plus ancien congrès scientifique allemand, l'hygiène privée et l'hygiène publique attireront de plus en plus l'attention générale en Allemagne, pays où, jusqu'à présent, elle a été beaucoup moins honorée qu'en France et surtout qu'en Angleterre. Quelques faits prouveront d'une manière évidente combien elle mérite notre attention.

Horace a célébré dans une ode la facilité avec laquelle l'homme loue le passé. De même nous croyons volontiers, pour ce qui touche à notre santé, que nos ancêtres avaient une constitution plus robuste et plus saine que la nôtre. Ainsi, l'antiquité seule a connu la force des géants et l'âge de Mathusalem; on ne voit plus rien de semblable, pas plus que ces dragons qui abattaient autrefois les hardis chevaliers, pas plus que ces fées propices qui remplissaient souvent un rôle tutélaire auprès de quelques enfants fortunés de la terre. Mais lorsqu'on se livre à des recherches exactes sur l'état sanitaire et sur la durée moyenne de la vie dans les temps passés, on trouve, pour consoler le présent, que l'imagination a singulièrement défiguré les faits. Notre imagination fonctionne, vis-à-vis des objets éloignés dans le temps, à l'inverse de notre œil vis-à-vis des objets éloignés dans l'espace. Plus les temps sont reculés, plus l'imagination grandit les faits qui s'y sont produits. On a dressé en Angleterre une statistique sur la durée de la vie dans ces derniers siècles. Le docteur Greenhow a fait des recherches sur la mortalité à Londres, de 1681 à 1690, alors que cette ville ne possédait que 530 000 habitants; de 1746 à 1755, époque où elle en comptait 650 000, et il l'a comparée avec la mortalité de 1846 à 1855, époque où Londres possédait déjà plus de 2 300 000 habitants. Sur 1000 individus, il en mourait, chaque année à Londres, 42 au XVII[e] siècle, 36 au XVIII[e] et 25 seulement au XIX[e] siècle. Nous voyons par là, d'une manière évidente, que les choses n'ont pas empiré dans ce monde, mais qu'elles se sont au contraire améliorées, puisque, dans les grandes villes, la durée moyenne de la vie s'est accrue d'un bon tiers.

La vie, comme dit le poëte, n'est pas, à la vérité, le plus grand des biens; mais chacun de nous la rangera parmi les grands bienfaits, et cherchera à la conserver aussi longtemps que possible.

L'accroissement de la durée moyenne de la vie à Londres a été favorisé par une réunion de circonstances qui sont, à vrai dire, du domaine de l'hygiène. Il serait trop long de les examiner chacune à part, et nous ne pourrions actuellement suffire à cette tâche. Permettez-moi seulement de vous citer quelques faits simples et actuels que j'emprunte à un compte rendu annuel et officiel de John Simon, l'homme qu'on peut considérer comme le guide le plus recommandable de l'hygiène publique en Angleterre.

Dans ce pays, les épidémies de choléra, observées depuis 1832, ont porté au plus haut point l'intérêt qu'obtient l'hygiène. A dater de 1848, on a adopté des règlements ayant pour but d'améliorer l'assèchement du sol, d'empêcher son imprégnation par des matières excrémentitielles et de procurer à tous l'usage d'une eau pure. Or, dans vingt-quatre villes où l'on avait introduit ces améliorations hygiéniques depuis 1848, John Simon vient de faire des recherches sur la mortalité générale et la mortalité particulière concernant les maladies les plus importantes, avant et après l'introduction de ces améliorations. La mortalité générale est descendue de 25 à 22 pour 1000 habitants, par conséquent d'un huitième, et, pour le typhus, de 1,34 à 0,77, c'est-à-dire de plus d'un tiers. On voit par là que, eu égard à nos tendances hygiéniques actuelles, nous nous trouvons indubitablement dans une bonne voie.

Ces résultats ne doivent pas seulement nous réjouir, mais nous imposer le devoir rigoureux de poursuivre avec un zèle à toute épreuve la carrière qui nous est tracée. Il est nécessaire que les travaux d'hygiène soient organisés, que cette science ne soit pas abandonnée plus longtemps à elle-même ou au hasard, comme elle l'a été jusqu'à présent. L'hygiène qui, jusque dans ces derniers temps, est restée pour ainsi dire inculte en Allemagne, doit être cultivée désormais; elle doit revendiquer la possession du champ qui lui appartient.

Relativement aux procédés à choisir pour atteindre ce but, il faut, suivant ma conviction, que le développement de l'hygiène aille de pair avec le développement de notre science médicale tout entière; il faut qu'elle fasse du médecin son organe exécutif essentiel, et que, par suite, elle prenne sa place dans les facultés de médecine.

On pourrait, à la vérité, s'imaginer que l'hygiène publique peut se développer en Allemagne sans que les étudiants en médecine des universités lui consacrent une étude spéciale. Dès lors les questions les plus importantes de cette science seraient élucidées non dans des leçons, mais par des recherches, par des travaux pratiques, et ces travaux eux-mêmes seraient, dit-on, mieux dirigés par l'État, par un collége, ou par une réunion d'hommes compétents, de sorte qu'on pourrait se passer du concours des facultés de médecine. J'accorde tout, même la dispense du concours des facultés, quoique nos générations médicales soient formées à ces écoles; mais, tant qu'on n'intéressera pas l'art médical tout entier à l'hygiène, comme on le fait pour les autres branches importantes de la médecine, cette science ne prospérera que difficilement, attendu qu'elle se trouve essentiellement entre les mains des officiers de la médecine publique, et qu'il est nécessaire que ces fonctionnaires soient choisis en majorité parmi les médecins.

Sous ce rapport, c'est triste à dire, nous rencontrons souvent encore en Allemagne un état primitif. Les facultés ont compris sans doute qu'il y avait là un besoin, mais les moyens et la voie pour satisfaire à ce besoin n'ont pas été choisis d'une manière heureuse. Dans nos universités, on n'a pas traité l'hygiène comme une science spéciale, mais comme une dépendance de la police médicale, de la soi-disant médecine d'État; on l'a adjointe comme remarque à la médecine légale, et un seul et même professeur a été chargé en

plus, dans le choix de ce dernier, on s'est laissé presque exclusivement guider par sa qualification de professeur de médecine légale, comme si chacun était naturellement apte à remplir les devoirs de la police médicale.

Si nous regardons autour de nous, pour voir quelles recherches scientifiques, quels résultats pratiques sont nés de l'union de la médecine légale et de la police médicale, quels fruits cette union a portés dans le cours des temps, nous ne pouvons nous dissimuler qu'elle est restée stérile pour l'hygiène.

Cette science doit être considérée désormais sous un point de vue autre que celui sous lequel on considère la police médicale. Dans les pays où les populations jouissent d'une durée moyenne de la vie plus longue que chez nous, en Angleterre et en France par exemple, cette vérité a déjà été comprise. En Allemagne, c'est la faculté de Munich qui, la première peut-être, a reconnu l'importance de l'hygiène, car en décembre 1862, elle a adopté à l'unanimité les trois conclusions suivantes:

1° Les rapports sur la police médicale seront appelés désormais rapports sur l'hygiène.

2° L'hygiène forme une branche distincte qui ne sera pas représentée nécessairement, comme jusqu'ici, par le professeur de médecine légale ayant le titre de professeur de médecine publique.

3° L'hygiène fera partie des examens de la Faculté.

Après l'adoption de ces conclusions par la faculté de Wurtzbourg, le ministère des cultes de Bavière proposa au roi la création de chaires d'hygiène dans les trois universités du pays, et une modification correspondante dans les programmes des examens des facultés de médecine. Ces dispositions furent mises en vigueur en 1866. Il serait actuellement opportun de faire connaître à l'assemblée quelques-uns des motifs qui ont donné lieu à ces décisions.

1re Conclusion. — *Les rapports sur la police médicale seront appelés désormais rapports sur l'hygiène.* — L'objet de la police médicale est plus restreint et plus fortuit que l'objet de l'hygiène. La première, considérée comme l'ensemble des prescriptions sanitaires en vigueur, est une affaire de mémoire et concerne l'officier de santé publique ; on peut l'apprendre d'une manière suffisante par la simple étude de ces prescriptions. Considérée comme science, elle ne peut être autre chose que l'étude de la santé générale, c'est-à-dire l'hygiène elle-même, et l'on ne doit pas s'arrêter à la manière dont ses principes sont ou ne sont pas mis en pratique dans les ordonnances. On a établi à la vérité, dans différents pays, dans différents districts et localités, plusieurs règlements de police sanitaire, sans qu'on eût jamais cultivé l'hygiène comme science ; mais, si l'on jette un coup d'œil attentif sur ces règlements, on remarque que plusieurs sont nés surtout du sentiment de la nécessité, et que, dans un grand nombre de cas importants, il en est résulté tout autre chose que ce qu'on devrait espérer de connaissances expérimentales et scientifiques.

Les besoins de la pratique devancent presque toujours la science des vrais moyens à employer, et celle-ci ne peut être que le fruit d'une étude méthodique, d'observations appropriées au sujet et de recherches précises. Puisqu'il est hors de doute que l'ensemble des ordonnances sanitaires ne peut avoir pour base que l'hygiène considérée comme science, il prescriptions se perfectionneront ainsi d'elles-mêmes et successivement, car il existe entre elles et l'hygiène le même rapport qu'entre l'effet et la cause. L'imperfection des ordonnances marche de pair avec l'imperfection des connaissances hygiéniques, et avant que les premières s'améliorent, il faut que notre savoir fasse des progrès.

2e Conclusion. — *L'hygiène forme une branche distincte qui ne sera pas représentée nécessairement par le professeur de médecine publique.* — C'est une question importante que celle de savoir à quelles mains l'hygiène doit être confiée dans les universités. Son attribution aux professeurs de médecine légale, comme si elle n'était qu'une affaire de police médicale, a porté peu de fruits ; aussi cette science est-elle restée beaucoup en arrière des autres branches de la médecine.

Les bases de l'hygiène reposent essentiellement sur la physique, la chimie, la physiologie et sur les faits techniques et statistiques. Les faits qui ne sont que du ressort du médecin praticien ou du clinicien ont pour elle une moindre importance. Si l'on veut se convaincre de la justesse de cette manière de voir, il suffit de parcourir la table des matières de deux livres de police médicale et d'hygiène. Un physicien, un chimiste, qui ont fait de sérieuses études physiologiques, sont beaucoup plus aptes à faire des recherches et à enseigner dans le domaine de l'hygiène que le médecin praticien ordinaire. C'est pourquoi la chimie trouvera pendant longtemps dans l'hygiène un immense sujet de recherches. Il fut un temps où l'on croyait que la chimie avait la double mission de trouver la pierre philosophale et l'élixir de vie. Mais de même qu'elle n'a pu réussir à fabriquer l'or, tout en découvrant dans cette voie mille moyens de créer des choses utiles et de procurer l'aisance et même d'immenses richesses, de même aussi elle ne réussira jamais à composer les gouttes magiques de l'élixir de vie, ni à guérir chaque maladie, ni à nous rendre immortels ; mais elle fera pour l'hygiène ce qu'elle a fait pour l'industrie et l'agriculture, c'est-à-dire que, d'une manière indirecte, elle accroîtra notre santé comme elle a grossi déjà nos richesses.

La faculté de Munich et le sénat ont exprimé à l'unanimité l'avis que désormais, dans les universités, l'hygiène devait ressortir à un physicien, à un chimiste ou à un physiologiste instruits dans les sciences médicales, et qu'entre les mains de tels professeurs, elle prospérerait mieux qu'elle ne l'avait fait jusqu'alors. On pourrait objecter qu'en agissant ainsi, on ferait négliger les questions d'hygiène qui concernent spécialement le médecin praticien et lui sont plus familières qu'au physicien, au chimiste ou au physiologiste. Mais d'abord il faut observer que ces questions sont restreintes, et il faut reconnaître ensuite que l'étudiant en médecine, le médecin praticien et l'officier de médecine publique n'ont pas besoin de recevoir une instruction particulière sur ces mêmes questions d'hygiène, qu'ils connaissent d'ailleurs mieux que personne. Ce qui fait défaut à nos médecins, lorsqu'ils veulent exercer leur activité dans le domaine de l'hygiène, ce ne sont pas les connaissances cliniques, ce sont des connaissances toutes différentes.

3e Conclusion. — *L'hygiène fera partie des examens de la Faculté.* — Je considère de même comme importante la question de savoir si l'hygiène doit faire partie des examens de la Faculté. La réponse dépend essentiellement de la solution d'une question préliminaire, celle de savoir si l'hygiène n'a une haute

signification que pour l'officier de médecine publique, et si elle a la même importance pour le médecin praticien. Dans le premier cas, on peut continuer de la restreindre aux examens de l'État; dans le second, elle ne doit pas être omise dans les examens de la Faculté. Or, l'école de Munich a décidé à l'unanimité, après une courte délibération, que l'hygiène ferait partie de ces derniers examens. Les principaux motifs de cette conclusion furent les suivants :

Puisque tout médecin ne doit rien ignorer de ce qu'on sait, ni de ce qu'on ne sait pas de positif, touchant les choses d'où dépend notre santé en général ou en particulier, il est nécessaire que le corps enseignant de chaque faculté possède un membre à qui soit confiée la mission de rassembler judicieusement et de présenter à l'étudiant en médecine, sous une forme convenable, toutes les connaissances positives ayant trait à ce sujet, et qui sont éparses dans le domaine des sciences naturelles, de la médecine, de la technologie et de la statistique. Par là, l'étudiant, au sortir de l'école, emportera avec lui dans sa vie pratique une certaine quantité de ces connaissances. Les lacunes existantes se combleront peu à peu par l'étude et par les recherches personnelles des maîtres, et cette branche de la médecine s'élèvera ainsi à un haut degré dans les sciences. Il restera d'ailleurs, à chaque médecin, comme aujourd'hui, l'obligation de poursuivre, à côté de sa pratique, cette occupation laborieuse et difficile. Néanmoins il y a lieu de douter que les médecins praticiens les plus occupés possèdent toujours le temps nécessaire et les connaissances requises pour faire un choix utile de connaissances hygiéniques à l'aide de la critique indispensable en ces matières, et la plupart se contenteront forcément de mettre en pratique les données fournies par les faits ou de rédiger des prescriptions hygiéniques fondées sur leur sentiment personnel.

Il est désirable, sous un triple rapport, pour les médecins eux-mêmes, pour le public et pour l'État, que tous les médecins possèdent les connaissances hygiéniques fondamentales. D'abord toutes leurs prescriptions diététiques perdront peu à peu ce caractère souvent subjectif qu'elles présentaient jusqu'alors, du moment que chacun ne sera plus lui-même son propre maître dans cette matière. On se rattachera à certaines considérations générales, et l'on verra diminuer, entre médecins, ces contradictions souvent si criantes et si monstrueuses : or, on sait que l'absence de conformité entre les opinions des médecins sur les influences diverses et sur les besoins ordinaires et journaliers de la vie ne peut contribuer à la considération et à l'influence de la profession médicale.

Le public trouvera lui-même son profit, lorsque les médecins, interrogés sur diverses questions qu'on leur adresse si souvent, comme celles de savoir si telle habitation est saine ou malsaine, ce qu'on peut faire pour l'assainir, comment on doit renouveler l'air, quelle doit être la nature des vêtements, de la nourriture, du régime dans la famille, etc. ; lorsque, dis-je, interrogés sur toutes ces questions et d'autres semblables, les médecins donneront des réponses conformes à nos connaissances actuelles les plus précises sur ces objets et sur nos besoins journaliers. Le médecin trouve alors, comme conseiller hygiénique des familles, à remplir une grande mission qui est, dans ce cas général, aussi importante et aussi féconde en résultats qu'un diagnostic exact dans le traitement d'une maladie en particulier.

Enfin il est surtout d'une importance extrême pour l'État que tous les médecins praticiens du pays soient initiés autant que possible aux questions hygiéniques. On sait assez quelle résistance oppose le public à l'introduction de toute prescription générale touchant la salubrité. Dans plusieurs cas, cette introduction devient impossible lorsque l'opinion des médecins praticiens n'est pas conforme à celle des autorités. Par exemple, chaque propriétaire à qui l'on impose des ordres, pour cause de salubrité, se laisse guider exclusivement d'après l'opinion de son médecin, pour voir dans ce fait, soit une chose utile et indispensable, soit une tracasserie de la part de la police. Cette influence de la profession médicale pénètre à travers toutes les couches de la société, elle prévaut dans les circonstances les plus diverses, et devient d'autant plus importante, d'autant plus considérable, qu'elle s'exerce en plus haut lieu. Plus l'État réussira à répandre l'unité et la rigueur dans les avis des médecins, plus il persuadera rapidement et sûrement, en toute occasion, des bonnes intentions dont il est animé en vue du bien public. Il n'aura plus affaire avec des gens qui sont à eux-mêmes leurs propres maîtres, qui ont souvent chacun une opinion différente, tellement que, sur dix réponses à une même question, rarement deux se ressemblent. L'État ne travaille plus alors avec des organes qui, dans les cas les plus favorables, obéissent sans participation et sans conviction propre, mais il trouve des forces toutes prêtes qui ont la conscience de ce dont il s'agit et connaissent la signification des choses.

Il s'agit maintenant de savoir si les autres universités allemandes suivront l'exemple des universités de Bavière (1). Lorsqu'il s'agit de se décider en faveur d'une innovation, on ne doit pas seulement peser les motifs dont j'ai parlé, il faut encore tenir compte d'autres motifs dont je n'ai rien dit encore. Il s'agit, pour les facultés de médecine, d'une entreprise nouvelle, de la création d'une branche d'enseignement distincte : on doit toujours se demander si la chose est indispensable, et surtout si elle est possible.

Le mot indispensable a un sens très-relatif. Nous disons que nous considérons une chose comme indispensable, ou bien lorsque nous la désirons vivement, ou bien lorsque nous croyons qu'elle ne peut plus résister devant une exigence. Il y a, d'ailleurs, des nécessités agréables. Le développement de l'hygiène est en soi quelque chose de si désirable, que personne assurément ne trouvera mauvaise la création d'une chaire destinée à représenter cette science dans nos universités ; mais comme cette création exige des sacrifices, chaque université se demandera si elle doit absolument supporter ces sacrifices. Il y a d'ailleurs un grand danger dans la multiplication des chaires spéciales, car chaque spécialité peut être considérée comme intéressante et importante, et dès lors le nombre des professeurs titulaires pourrait s'élever à l'infini. Il est donc nécessaire de faire à ce sujet un choix judicieux et de s'arrêter à une limite salutaire. On peut, d'un autre côté, objecter que les questions les plus importantes de l'hygiène sont éparses dans la médecine publique, dans la police médicale, et qu'on pourrait encore se contenter pendant un certain temps de ces dernières connaissances. Tel est le langage de ceux qui ignorent les grands besoins de l'hygiène, qui ne travaillent pas à son développement, mais qui veulent l'abandonner ainsi qu'eux-mêmes au hasard. L'union de la

(1) Voyez ci-dessus, page 569, numéro du 8 août 1868, l'avis de M. Virchow sur cette question.

médecine légale et de la police médicale pourrait être comparée, suivant moi, à un attelage monstrueux de deux forces qui, sans agir en sens directement opposés, agissent cependant suivant des directions très-différentes, de sorte que le char va tantôt à droite, tantôt à gauche, et ne demeure que rarement en repos; dès qu'une force l'emporte dans une direction, l'autre cède dans le même sens. J'ai déjà constaté que cette union a été pour l'hygiène extrêmement désavantageuse et inféconde. L'anatomie, la chirurgie, la physiologie et les accouchements conviennent mieux dans une seule main que la médecine légale et l'hygiène.

Le domaine de l'hygiène est si vaste, les objets dont elle s'occupe si multiples, et les travaux qui lui restent à accomplir si nombreux, qu'il lui est non-seulement possible, mais obligatoire de revendiquer sa place entière dans les facultés. Elle a si peu de rapports avec les questions que le juge propose à la science médicale, que sa séparation d'avec la médecine légale est encore plus nécessaire et plus opportune que la séparation de l'administration de la justice et de l'administration des finances.

On pourrait objecter que la nécessité de l'hygiène étant reconnue comme celle de toute autre branche de la médecine, il est encore impossible de trouver pour elle les forces vives nécessaires, et que, pour ce motif même, la création de chaires nouvelles devient une impossibilité. Le sort actuel de l'hygiène a été celui de toutes les autres branches de la science, qui ont été négligées d'abord, et qui sont parvenues ensuite à un état tout à fait florissant. Il serait, en effet, insensé de vouloir que l'hygiène pénétrât toute formée dans le cercle des universités allemandes, comme autrefois Minerve sortit armée de pied en cap du cerveau de Jupiter. On n'a pas attendu, d'ailleurs, pour créer des chaires de chirurgie, d'accouchement, d'anatomie pathologique et de physiologie, que ces sciences eussent atteint leur développement et leur niveau actuels. On doit reconnaître, au contraire, qu'elles ne se sont élevées au degré où nous les voyons placées, que parce qu'on a créé pour elles des chaires spéciales, parce que, en d'autres termes, on a engagé à cet effet des forces particulières dont la destination était de travailler à l'étude et au développement de ces branches médicales. Tant qu'on n'entrera pas dans cette voie générale, l'hygiène ne sera tout au plus qu'une étude d'amateur, tandis qu'elle devrait être une occupation sérieuse, une science, une discipline.

Mais, aujourd'hui même, il n'est pas si difficile qu'on se l'imagine de trouver pour l'hygiène les forces vives dont elle a besoin; il n'y a qu'à les rechercher, comme je l'ai déjà dit, non parmi les médecins qui ont fait une étude exclusive de la clinique, mais parmi ceux qui ont cultivé en outre la physique, la chimie et la physiologie. Telle a été l'opinion des facultés de Munich, de Wurtzbourg et d'Erlangen, où le conseiller von Scherer, le professeur baron von Gorup et moi-même, avons été chargés de représenter cette science. La même pensée a été affirmée par le professeur Meissner à Gœttingue. Ce physiologiste distingué ne croit pas faire tort à sa dignité en donnant, d'une manière non officielle, pendant des semestres entiers, de son plein gré, des conférences sur l'hygiène publique, et j'apprends que lui-même et ses auditeurs y trouvent une grande satisfaction. Ce qu'on veut sérieusement, ce qu'on juge nécessaire s'entreprend en tout temps avec succès.

Néanmoins il est toujours possible qu'aux yeux de plusieurs, il n'y ait pas nécessité absolue d'instituer une étude particulière de l'hygiène, surtout dans le sens des universités de Bavière : on peut encore demander quel mal il y a à négliger cette étude et ce qui peut résulter de cette négligence. Il est difficile de répondre à ces questions. Sans doute l'Allemagne ne périra pas pour cela, et les autres sciences médicales qui ont été cultivées jusqu'à présent dans notre pays avec autant de prédilection que de succès ne perdront rien de leur éclat; mais il est permis de dire que, dès lors, l'hygiène ne fleurira pas de sitôt en Allemagne. C'est d'ailleurs à l'opinion publique qu'il appartient de juger s'il importe que, dix ou vingt ans plus tôt ou plus tard, une vérité soit enfin découverte, reconnue et appliquée. Or, l'opinion publique commence à porter aux questions d'hygiène un intérêt de plus en plus vif et général; elle impressionnera peu à peu nos corps savants, jusqu'à ce que toutes les facultés de médecine de l'Allemagne reconnaissent enfin la nécessité de créer des chaires d'hygiène et de se livrer à la solution des grands problèmes ayant trait à cette science. La présente assemblée peut faire beaucoup pour rapprocher ou pour éloigner ce moment.

MAX VON PETTENKOFER,
Professeur d'hygiène à l'université de Munich.

— Trad. de l'allemand par le Dr RABUTEAU. —

MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS.

ANTHROPOLOGIE.

COURS DE M. DE QUATREFAGES (1)
(de l'Institut).

XXX

Hybrides et métis chez les végétaux et chez les animaux. — Phénomènes de première génération. — Ressemblance unilatérale et bilatérale.

L'étude du croisement chez les végétaux et chez les animaux, l'examen des phénomènes qui l'accompagnent, et surtout la différence que présentent, sous le rapport de la fécondité et de la facilité, le métissage et l'hybridation, nous ont conduits à regarder les groupes humains comme des races et non comme des espèces distinctes.

Cependant il reste encore des difficultés; et le tableau même que j'ai mis sous vos yeux, dans notre dernière leçon, peut donner matière à des objections. En effet, bien que le nombre des hybridations fécondes dont il contient l'énumération soit presque insignifiant, si on le compare au nombre total des espèces, on pourrait dire : 70 ou 80 espèces animales ont pu se croiser deux à deux et se reproduire; pourquoi ne regarderait-on pas de même les groupes humains comme autant d'espèces douées de cette propriété, exceptionnelle sans doute, mais qui existe en fait dans certains genres de plantes ou d'animaux? C'est, en effet, l'objection que ne manquent pas de reproduire tous les écrits des polygénistes.

(1) Voyez ci-dessus, pages 336, 431, 450, 495, 510, 528, 544, 559, 579, 592, 621, 655, 685, 707, 720 et 730, 9 mai, 6 et 13 juin, 4, 11, 18 et 25 juillet, 1er, 8, 15, 29 août, 12 et 26 septembre, 3, 10 et 17 octobre 1868.

Elle ne serait pas sans valeur si on l'envisageait isolément, sans tenir compte des observations que nous avons déjà faites et de celles que nous ferons encore. Toutefois il ne faut pas s'exagérer sa portée. Sans doute, il ne serait pas impossible à priori que l'homme constituât un genre, comme les autres règnes en comptent quelques-uns, admettant l'hybridation entre les espèces qui le composent. Pourtant je vous ferai remarquer qu'il y a bien peu de genres, même parmi ceux qui renferment un petit nombre d'espèces, où toutes les espèces soient susceptibles de se croiser. Pour ma part, je n'en connais qu'un, le genre cheval, dans lequel l'hybridation soit aussi généralement possible. Aucun genre très-nombreux ne présente, que je sache, la même particularité. Or, la plupart des polygénistes sont naturellement amenés à admettre l'existence d'espèces nombreuses parmi les hommes. Ceux-ci formeraient donc un genre bien exceptionnel, puisque les croisements y auraient lieu indistinctement entre les espèces en très-grand nombre qu'il comprendrait. Le polygénisme aboutirait donc encore à mettre les phénomènes de croisement chez l'homme en contradiction avec ce qui se passe chez les végétaux et chez les animaux.

D'ailleurs, pour ne tenir compte absolument que dse chiffres de notre tableau, il suffit de prendre le rapport du nombre total des espèces, qui est de 250 000 à 300 000 au moins, à celui des hybridations observées, soit tout au plus 80, pour voir combien sont grandes les probabilités qui résultent, en faveur du monogénisme, de la seule étude du croisement à la première génération.

Cette conclusion, vous le voyez, confirme bien ce que l'examen des actions de milieu nous a déjà montré : d'un côté, le désaccord du polygénisme avec les faits, et, de l'autre, la consécration par le monogénisme du grand principe de la généralité des lois physiques pour tous les êtres organisés et vivants.

Enfin, nous ne sommes qu'au début de l'étude du métissage et de l'hybridation ; nous n'avons encore parlé que des phénomènes qui accompagnent l'acte des parents. Il nous reste à examiner les produits mêmes du croisement, c'est-à-dire les métis et les hybrides dans leur ressemblance avec leurs auteurs et dans le rôle de reproducteurs qu'ils sont appelés à jouer entre eux à leur tour.

Quant aux rapports qui existent nécessairement entre les produits du croisement et les parents eux-mêmes, ils se jugent par la transmission des caractères paternels et maternels ; mais les faits de cet ordre peuvent être envisagés à divers points de vue.

Nous devons nous demander d'abord si l'hérédité des caractères affecte de la même manière le métis et l'hybride. La question mérite d'être examinée en détail ; moins cependant pour les enseignements qu'elle nous fournira qu'en raison de l'importance qu'on y a souvent attachée.

Je vous ai dit, à propos de l'hérédité, que l'enfant ressemble tantôt à son père ou sa mère, tantôt à l'un et à l'autre, et qu'il peut aussi présenter des caractères qui lui sont propres. Ces derniers sont, nous l'avons vu, la résultante, soit des traits des parents, soit de ceux-ci combinés avec certains traits appartenant à des ancêtres plus ou moins éloignés. Lorsque l'enfant rappelle également ses deux auteurs, on dit qu'il présente une ressemblance bilatérale. Quand il se rapproche plus spécialement de l'un ou de l'autre, la ressemblance est dite unilatérale.

Or, depuis fort longtemps, on s'est demandé si ces deux modes de l'hérédité ne pouvaient pas servir à distinguer le croisement d'espèce à espèce du croisement de race à race ; et si la ressemblance n'était pas essentiellement unilatérale chez les métis et bilatérale chez les hybrides, ou inversement.

Cette question a été résolue dans les deux sens, et, des deux côtés, on a invoqué des faits. En ce qui touche l'hybridation, Pline a répondu depuis 1800 ans. Pour lui : « L'hybride est un animal de troisième espèce, qui ne ressemble ni à l'un ni à l'autre des parents. » En écrivant cela, il songeait au mulet. Jusqu'à un certain point il disait juste ; mais, comme l'a fort bien fait observer Is. Geoffroy, sa pensée est incomplète. Il faut ajouter que la différence qui existe entre l'hybride et ses auteurs tient précisément au mélange des caractères paternels et maternels. Ceux de l'hybride sont, ainsi que nous le verrons plus tard, de véritables résultantes, qu'il y ait eu juxtaposition ou fusion des traits appartenant aux deux espèces différentes dont les représentants se sont unis. Pline, d'ailleurs, ne paraît pas songer à établir une distinction entre l'hybride et le métis dans ce qu'il dit de la ressemblance héréditaire.

Cependant la question, une fois posée, était de nature à tenter les hommes à la fois penseurs et observateurs.

Au XVIIIe siècle, Kant s'en est emparé dans un travail sur lequel Is. Geoffroy a eu raison de rappeler l'attention. Plus précis que Pline, il cherche à déterminer le mode de ressemblance qui distingue le croisement de deux races du croisement de deux variétés ; mais il ne dit rien de l'hybridation. Kant regarde le métis de races, c'est-à-dire le vrai métis, comme toujours et nécessairement moyen entre les parents. Le métis de variétés l'est aussi quelquefois ; mais, le plus souvent, il se rapproche d'un de ses auteurs plus que de l'autre.

Cette donnée conduit évidemment à regarder l'état moyen comme caractérisant à fortiori l'hybride, puisque la *variété* qui est à l'origine de la race paraît présenter seule *des aptitudes* héréditaires assez flottantes, assez incertaines pour qu'il s'ensuive une ressemblance unilatérale chez les produits du croisement.

Ces conclusions tirées de l'examen de quelques faits, mais surtout de considérations philosophiques, ont été adoptées par plusieurs naturalistes. Dans le nombre se trouve M. Godron, dont l'autorité est ici fort grande, car il n'est pas resté, dans cette question, sur le terrain abstrait et philosophique, mais il a confirmé son opinion par des expériences personnelles. Or M. Godron ne va pas aussi loin que Kant ; il ne dit pas que le métis de races soit nécessairement *moyen*, mais seulement *intermédiaire* entre ses auteurs. Il y a donc place pour des oscillations capables de le rapprocher, soit de son père, soit de sa mère. A cela près, l'éminent botaniste adopte les idées de Kant. Il regarde les métis comme plus variables que les hybrides, et voit, dans cette manière différente de se comporter en face de l'hérédité, un moyen de distinguer à quel genre de croisement on doit rapporter les produits dont il s'agit de déterminer l'origine.

Voilà donc un philosophe des plus profonds qui regarde le métis de races comme invariable, si on le compare au métis de variétés, et un observateur des plus distingués qui dit la même chose de l'hybride comparé au métis. Au fond, l'idée est la même. Kant et Godron sont d'accord.

Mais voici qu'un autre philosophe et un autre observa-

Dans sa *Vénus physique*, ouvrage qui fit beaucoup de bruit au moment de son apparition, Maupertuis admet que le produit du croisement est mi-partie quand il résulte de l'union de races ou d'espèces peu distantes entre elles. Il croit au contraire que l'incertitude de ses caractères s'accroît à mesure que les espèces hybridées sont plus éloignées. Certes il est impossible de contredire plus formellement les idées de Kant. De son côté, Girou de Buzareingues, dont la vie s'est passée pour ainsi dire en expériences relatives à cette question ou à des questions analogues, est très-explicite dans le même sens, quoique peut-être un peu moins absolu.

Selon lui, lorsqu'on marie des animaux de même race, on obtient souvent un *medium* pour la taille, la forme et la couleur. Voilà pour le métissage. Au contraire, ce résultat est très-rare dans l'union de deux espèces, c'est-à-dire lorsqu'il y a hybridation.

Burdach se rapproche beaucoup et de Maupertuis et de Girou. Isid. Geoffroy a, dans la question, une autorité bien grande, car il s'en est occupé pendant sa vie entière. De plus, il a fait et vu faire au Muséum des expériences extrêmement nombreuses. Or, dès 1826, il écrivait : « Les métis homoïdes (métis), très-variables dans leurs rapports de similitude avec leurs parents, peuvent être mixtes. Les hybrides le sont toujours. » Il a maintenu cette doctrine dans cet ouvrage que la mort l'a malheureusement empêché de terminer, et qui devait être son *Histoire naturelle générale*. Au premier abord on croirait qu'il répète Kant. Cependant il existe au fond une grande différence entre les deux opinions.

Kant disait *moyen*, Geoffroy dit seulement *mixte*. Il admet donc des oscillations en tous sens, tandis que la formule absolue de Kant paraît les exclure. Geoffroy est, en réalité, de l'opinion de M. Godron ; il se rapproche d'ailleurs du philosophe allemand quant à la donnée générale et à l'appréciation des rapports de similitude. En effet, pour lui, la variabilité la plus grande possible est celle que présentent les métis de variétés. Il cite à l'appui le croisement du daim noir et du daim blanc, d'où naissent tour à tour des petits noirs, blancs, gris ou tachetés, c'est-à-dire offrant l'exemple de toutes les combinaisons possibles du pelage noir et du pelage blanc. Cette variabilité diminue à mesure que les races s'écartent et qu'elles se stabilisent.

Dans les croisements entre espèces, les produits sont toujours mixtes. Geoffroy conteste avec raison certains exemples de ressemblance unilatérale qui ont été cités parmi les hybrides. Il démontre que, le plus souvent, les observations qui ont conduit à les admettre n'ont porté que sur un petit nombre de caractères dont on a exagéré l'importance, ou seulement même sur les traits extérieurs. Il n'a pas de peine à prouver que des produits d'âne et d'hémione nés à la Ménagerie ont été cités à tort comme présentant une ressemblance unilatérale. On avait dit que ces animaux reproduisaient exclusivement le type hémione. Cela est vrai pour la couleur, répond Geoffroy ; mais par la forme de la tête et par les oreilles, ils rappellent l'âne. D'ailleurs, il admet la ressemblance unilatérale comme possible et même fréquente chez les métis.

Prosper Lucas, qui s'est occupé tout spécialement de ces questions, la nie d'une manière absolue. Il n'accepte que la ressemblance bilatérale, et adresse, aux cas de métissage qui ont été cités en opposition avec sa doctrine, les objections qu'avait faites Geoffroy au sujet de l'hybridation. C'est pour ne pas y avoir regardé d'assez près, pense-t-il, qu'on a cru voir des métis reproduisant entièrement, soit leur père, soit leur mère, alors qu'en réalité ils tenaient autant de l'un que de l'autre.

J'ai cru devoir insister sur ces données historiques, à raison de l'importance attachée par certains auteurs aux inductions tirées de la ressemblance. Vous voyez combien est extrême le désaccord entre ceux qui se sont le plus occupés de cette question. On pourrait certainement former deux listes renfermant chacune les noms de savants éminents, ayant souvent une autorité toute spéciale en pareille matière, et que cette question a divisés. Je vous répéterai donc ici ce que je vous ai dit à propos du problème de la variabilité ou de l'invariabilité de l'espèce : quand des hommes aussi éclairés, disposant des mêmes éléments de conviction et de discussion, se prononcent dans des sens aussi opposés, cela seul annonce une question difficile. Elle l'est, en effet ; et nous sommes d'autant plus amenés à nous interroger sur la valeur des moyens qu'on peut employer pour la résoudre. Il est évident que ce sont des faits que nous devons invoquer, et surtout des faits généraux qui priment les observations particulières.

Étudions d'abord les caractères des métis chez les végétaux et chez les animaux. Au début même des recherches qui ont été faites sur ces rapports de similitude entre les produits et leurs auteurs appartenant à des races différentes, on a constaté que les métis présentaient, en même temps qu'une variabilité très-grande, au moins en apparence, des faits pouvant servir d'arguments aux deux doctrines entre lesquelles nous avons à nous prononcer, faits de ressemblance tantôt unilatérale, tantôt bilatérale.

Linné voit des tulipes blanches et des tulipes jaunes donner, par le croisement, des fleurs alternativement blanches, jaunes ou panachées. Il a fait la même observation sur la fécondation du chou blanc et du chou rouge l'un par l'autre ; il en résultait des choux à feuillage blanc, rouge ou mélangé.

On pourrait multiplier les exemples analogues, et former deux séries de faits témoignant en faveur des doctrines de Kant et de Godron, d'un côté ; de Maupertuis et de Girou, de l'autre. Ce résultat double fait comprendre la difficulté de la question et explique le désaccord de ceux mêmes qui l'ont approfondie.

Sans doute, l'étude attentive et détaillée des faits particuliers considérés un à un conduirait, j'en ai la conviction, à la vérité. Mais un pareil examen, vous le reconnaissez aisément, est toujours fort difficile, et, en particulier, impossible pour nous. Il faut absolument se rapporter à un fait général qui domine les faits de détail, tout en conduisant aux mêmes conclusions. Ce fait général, le voici : En réalité, le métissage est entré dans la pratique industrielle. Le jardinier, le fleuriste, le maraîcher, l'emploient journellement. Dans quel but ? Nous le savons bien ; c'est évidemment pour améliorer ou pour transformer, c'est-à-dire, dans tous les cas, pour modifier leurs races de fleurs, de légumes ou de fruits.

Or, si le métissage avait pour résultat habituel ou seulement fréquent de donner des produits à ressemblance unilatérale, c'est-à-dire présentant exclusivement les caractères de l'un des deux parents, il n'eût certainement pas été adopté. Il est évident que les botanistes praticiens auraient bien vite repoussé un procédé aussi infidèle, puisqu'il les eût

conduits souvent à des résultats diamétralement opposés à ceux qu'ils voulaient obtenir, en répétant précisément les types que l'on cherchait à transformer. Si donc le métissage a été universellement accepté, c'est qu'il donne, au moins dans l'immense majorité des cas, des produits qui présentent une fusion ou une juxtaposition, un mélange enfin, des caractères paternels et maternels.

Cette observation générale, faite à propos des végétaux, a d'autant plus d'importance que, la plupart du temps, les jardiniers et les horticulteurs appliquent le métissage même entre deux variétés, c'est-à-dire dans le cas où la ressemblance unilatérale devrait être la plus fréquente, s'il fallait en croire la doctrine de Maupertuis et de Girou. Nous pouvons donc en toute logique conclure que, dans l'immense majorité des cas, la ressemblance des métis est bilatérale.

Les animaux reproduisent exactement ce qui se passe chez les végétaux. L'observation de Geoffroy sur les produits tantôt noirs, tantôt blancs, tantôt tachetés, du croisement du daim blanc avec le daim noir, réunit les deux cas opposés de ressemblance unilatérale et bilatérale. Cette seule expérience pourrait donc être mise en tête de deux séries de faits plaidant les uns pour, les autres contre chacune des deux doctrines si savamment patronnées l'une et l'autre. D'ailleurs une foule de races domestiques présenteraient au naturaliste des faits particuliers analogues et des observations pour ainsi dire à double tranchant.

Mais, ici encore, un fait général les domine. Le métissage entre races animales, de même qu'entre races végétales, est devenu un procédé pratique, journellement appliqué par des hommes qui ne sont nullement théoriciens et qui veulent avant tout des résultats palpables et avantageux. C'est encore la méthode qu'ils emploient pour améliorer ou pour transformer industriellement les races qu'ils élèvent, qu'il s'agisse du mouton ou du bœuf, du cheval ou du porc. La valeur de cette pratique est attestée par des discussions assez vives qui ont eu lieu il y a quelques années à la Société d'agriculture ; elles portaient en effet, non point sur son action universellement reconnue, mais sur ses différents modes d'application. Donc, ici encore, le résultat général du métissage doit être de produire des ressemblances bilatérales.

Il y a donc eu exagération et erreur quand on a parlé de la variabilité extrême des produits donnés par des unions de variété à variété ou de race à race. On peut en dire autant des assertions relatives à la fixité constante du résultat de l'hybridation. Pline, Kant, Godron, et tous ceux qui ont cru à des types rigoureusement moyens, à quelques différences d'appréciations près, étaient sous l'influence d'idées inspirées par l'exemple du mulet et de quelques cas d'hybridation analogues. Mais bien des faits montrent qu'ils ont été trop loin dans cette voie. Sans parler des cas très-nombreux où il y a simple prédominance des caractères de l'une des deux espèces paternelle ou maternelle, prenons les cas les plus opposés au résultat moyen, ceux de ressemblance franchement unilatérale.

Sageret, Senff et Knight ont recueilli chez les végétaux une foule d'exemples dans lesquels la ressemblance de l'hybride avec un seul de ses parents est aussi complète que possible. Sageret et Knight ayant croisé le pêcher et l'amandier, ont obtenu un véritable pêcher. Senff et Knight, après avoir marié le prunier et l'abricotier, n'ont eu que des abricotiers.

Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'en général chez les produits de l'hybridation, les oscillations de ressemblance sont moins grandes que chez les métis, et que, dans l'immense majorité des cas, l'hybride végétal tient, en proportions plus ou moins égales, de ses deux parents.

Dans le règne animal, des faits de ressemblance unilatérale chez des hybrides ont été également cités. Mais vous savez maintenant comment Is. Geoffroy a montré qu'on s'était trompé souvent en proclamant trop vite la ressemblance unilatérale de certains hybrides, parce qu'on n'avait tenu compte que d'un seul caractère plus apparent ou plus extérieur que les autres.

Voici pourtant un cas où, par suite de la comparaison qu'on cherchait à établir entre des frères et des sœurs, la ressemblance unilatérale absolue paraît bien constatée. L'union d'un chien et d'une louve avait donné naissance à trois petits dont deux mâles. Ceux-ci ressemblaient à la mère par la forme générale, la nature de leurs mouvements, leurs instincts et leur aversion pour les hommes et pour les chiens.

La femelle avait au contraire la tête du chien, ne trottait pas comme le loup, se plaisait au milieu de la gent canine, et ne témoignait aucune méfiance vis-à-vis de l'homme. Ces deux mêmes espèces ont donné naissance à tous les intermédiaires possibles entre le chien et le loup, ainsi que le prouvent les exemples nombreux de leur croisement et les observations sur leurs hybrides que renferment les ouvrages de Valmont de Bomare, de Buffon, de Pallas, de Marolle, de Girou de Buzareingues et de Geoffroy. Cependant, bien que dans la plupart des cas, l'une des deux espèces prédomine chez ces hybrides, il paraît qu'il y a toujours eu, dans ces produits, réunion d'un certain nombre des caractères paternels et maternels.

Quelle conclusion devons-nous tirer de ces faits au milieu desquels il paraît tout d'abord assez difficile de se reconnaître, puisqu'ils ont donné lieu aux assertions les plus opposées? Leur discussion conduit en somme à cette idée générale : la ressemblance bilatérale, ou le mélange des caractères du père et de la mère chez le produit est le fait général. La ressemblance unilatérale est l'exception.

Nous dirons, avec Is. Geoffroy, que ces exceptions deviennent le plus nombreuses possible, et présentent les faits de ressemblance exclusive les plus frappants, lorsqu'on croise entre elles de simples variétés. Nous ajouterons également avec lui (*Bull. de la Soc. éthnol.*) qu'elles deviennent de plus en plus rares et de moins en moins accusées à mesure que les races sont plus anciennes et plus pures. C'est ainsi que nous retrouvons l'influence de cet élément de fixité que nous avons appelé le *sang*.

Des caractères récents s'effacent aisément lorsque deux êtres mettent en présence, au moment de leur union, des traits et des qualités nouvellement acquis et qui n'ont pas eu le temps de se stabiliser et de s'équilibrer en eux. On comprend aisément que, dans la lutte des actions héréditaires portant sur des caractères souvent opposés, la moindre différence d'énergie de part ou d'autre suffise pour donner une victoire complète à l'un des deux termes et pour exclure le plus faible d'une manière plus ou moins absolue. C'est ainsi qu'une balance délicate et peu chargée trébuche complétement par l'addition du moindre surpoids. Au contraire, des caractères anciens, et par conséquent mieux assis, s'opposent les uns aux autres des résistances plus égales; la lutte, plus sérieuse dans ce cas, amène le partage, et la contradiction de



domestiques. En voici deux enregistrés par Prosper Lucas. M. Grognier rapporte qu'une jument métisse d'arabe ne trahissait en aucune façon les caractères extérieurs et les qualités qui auraient dû être l'effet du sang noble qui coulait dans ses veines. Croisée avec un cheval de race inférieure, elle a donné un produit remarquable par sa ressemblance avec ses ancêtres maternels. La réciproque est également vraie. On a vu des métis qui de prime saut se rapprochaient du type supérieur enfanter des tiercerons très-inférieurs.

Chambon cite des faits analogues dans l'espèce mouton. Bien souvent, lorsque l'acclimatation du mérinos en France était encore à l'étude, le premier croisement du mérinos pur espagnol avec les races françaises donnait des mérinos en apparence très-purs. Mais il arrivait aussi que ceux-ci, croisés entre eux, donnaient le jour à des moutons qui se rapprochaient bien plus du type inférieur des races locales. Il n'est pas rare d'entendre les éleveurs se plaindre de ces oscillations qui paraissent attester la nécessité d'une ressemblance bilatérale finale, se manifestant parfois au bout d'une période plus ou moins longue et qui peut comprendre plusieurs générations. Ce sont autant de sauts brusques, de *coups en arrière*, pour dire comme les Allemands, qui retardent le résultat final.

De ces faits vous tirerez, j'espère, avec moi, les conséquences suivantes : L'hérédité ne perd peut-être jamais complétement ses droits. Dans l'immense majorité des cas, peut-être toujours, le produit métis ou hybride ressemble à ses deux parents, si on le considère dans des limites plus ou moins étendues suivant les cas, et qui peuvent dépasser parfois les bornes de sa vie individuelle.

XXXI

Hybrides et métis chez les végétaux et les animaux. — Fusion et juxtaposition des caractères. — Étude des mêmes phénomènes chez l'homme. — Mulâtres.

Nous aurions pu terminer notre dernière leçon par cette conclusion, qu'il ne faut pas attacher, pour la distinction des hybrides et des métis, une importance aussi grande que le voudraient certains auteurs aux différents rapports de similitude qui existent entre les parents et leurs produits.

Après avoir examiné ces rapports de similitude en eux-mêmes, nous devons rechercher de quelle manière ils s'établissent. En d'autres termes, après nous être rendu compte de la *quantité* de ressemblance qu'un métis et un hybride peuvent avoir avec leurs auteurs, nous devons rechercher de quelle nature est cette ressemblance et suivant quels modes se fait la transmission des caractères paternels et maternels.

Nous pourrions dire, à la rigueur, que cette question a été déjà traitée par nous lorsque nous avons étudié les lois générales de l'hérédité. Nous avons vu alors que tous les caractères sont transmissibles. Nous savons qu'entre ceux du père et ceux de la mère, il peut s'établir, au moment de leur union féconde, un antagonisme, un conflit, une modification des uns par les autres, et nous avons expliqué ainsi l'apparition chez les produits de caractères mixtes et de résultantes qui constituent des traits nouveaux. Nous avons vu également comment le milieu intervient en même temps que l'hérédité. Leur action simultanée se résout, elle aussi, par des résultantes. De là les modifications naturelles, la disparition ou la caractérisation des traits existants, et parfois l'apparition de caractères nouveaux.

Quoique nous ayons traité bien succinctement les questions que je vous rappelle en ce moment, je pense qu'il est inutile de revenir sur ces phénomènes mixtes, et je vais me borner à vous entretenir de ceux où l'action de l'hérédité apparaît seule, soit chez les métis, soit chez les hybrides.

A ce point de vue, deux faits généraux doivent attirer notre attention. Les caractères du père et de la mère peuvent, en se réunissant chez les enfants, ou bien se fondre et constituer alors des caractères moyens, ou bien se juxtaposer sans s'altérer et en conservant le degré auquel ils étaient arrivés chez les parents. De là deux modes de transmission simultanée des traits paternels et maternels, la fusion et la juxtaposition.

Quelques auteurs, M. Godron entre autres, ont cru qu'il y avait, dans ces deux séries de phénomènes, un moyen de distinguer le métissage de l'hybridation, en rapportant au premier la juxtaposition des caractères des parents, à la seconde leur fusion.

Voyons ce qu'il en est de cette doctrine dont, suivant notre habitude constante, nous allons examiner successivement la valeur pour les végétaux et pour les animaux.

Écoutez d'abord Sageret, expérimentateur habile et sagace, qui s'est surtout occupé du métissage. Après avoir dit que la première pensée de ceux qui croisent des races est qu'ils obtiendront, chez les produits, des caractères moyens, il ajoute : « Cette fusion des caractères peut avoir lieu dans certains cas ; mais, en général, la ressemblance de l'hybride », — c'est métis que nous dirons, en nous rappelant l'extension fâcheuse que les botanistes donnent au *mot d'hybride*. — « avec ses deux ascendants consiste, non dans une fusion intime des divers caractères propres à chacun d'eux en particulier, mais bien plutôt dans une distribution soit égale, soit inégale, de ces mêmes caractères. » Vous voyez donc qu'un botaniste éminent, Sageret, admet la fusion dans *un certain* nombre de cas de métissage.

D'un autre côté, M. Lecoq, qui a surtout fait des hybridations, s'exprime de la manière suivante : « Au lieu d'obtenir toujours un hybride qui tienne le milieu entre le père et la mère, on est souvent étonné de trouver des sujets dont tel ou tel organe appartient complétement à l'un des ascendants sans avoir été modifié par l'autre. » Voilà la juxtaposition non moins bien reconnue chez les hybrides.

M. Godron lui-même admet en fait cette manière de voir. Sans doute, il pose d'abord la fusion comme étant le résultat propre de l'hybridation ; mais il signale ensuite des exceptions si graves, qu'il se met d'accord avec nous sur le terrain de l'observation. Voici surtout, rapporté par lui, un fait bien significatif. Il s'agit du citronnier hermaphrodite appelé en italien *Bizzaria*, et méritant bien ce nom par la singularité des phénomènes qu'il présente.

C'est en 1644 que naquit à Florence, au milieu d'un semis d'orangers, cet arbre étrange, qui est resté depuis à l'état de variété et n'a été reproduit que généagénétiquement. C'était un hybride triple, ou tout au moins un hybride métis, suivant qu'on regarde le citron et le limon comme formant deux races ou deux espèces distinctes. En effet, la même branche produisait à la fois des citrons, des oranges et des limons, en même temps que des fruits intermédiaires entre ces trois types. C'est bien un exemple de juxtaposition aussi

complète que possible chez un végétal hybride; il est, de plus, accompagné de faits de fusion.

De tous les témoignages que je pourrais vous citer, il résulte qu'à prendre l'ensemble des caractères, on ne peut énoncer de règle générale. L'étude d'un caractère spécial et frappant confirme complétement cette opinion. La couleur est certainement celui sur lequel on a le plus insisté, et qui, étant plus visible que tous les autres, est devenu l'objet des observations les plus nombreuses. Il me suffira de vous rappeler, à ce propos, un fait que je vous ai déjà cité. C'est celui de Linné observant dans une plate-bande de tulipes unicolores l'apparition de tulipes à teintes intermédiaires, mais uniformes, et de tulipes panachées. Le métissage avait donc donné lieu à la fois à des faits de séparation, de juxtaposition et de fusion des caractères de races différentes.

Les animaux présentent, de leur côté, des faits absolument semblable. Pas plus chez eux que chez lez végétaux, les hybrides ne peuvent être considérés comme caractérisés par la fusion des caractères paternels et maternels. Il est vrai qu'on a l'habitude de citer, comme preuve du contraire, l'exemple du mulet proprement dit, fils de l'âne et de la jument. Mais c'est un mauvais choix ; car les caractères de cet hybride résultent plutôt d'une juxtaposition que d'une fusion des traits propres aux espèces qui lui ont donné naissance. On peut bien dire que chez lui les oreilles et la tête tiennent autant de celles du cheval que de celles de l'âne, et représentent jusqu'à un certain point une moyenne ; mais, pour la taille et la forme générale, le mulet se rapproche bien plus de sa mère, la jument, tandis que par sa queue, par sa force de résistance et par son caractère, il se rattache directement à l'âne. Il est donc à la fois un exemple de fusion et de juxtaposition.

Ce qui prouve bien que l'union des deux espèces cheval et âne n'entraîne pas une fusion véritable de leurs caractères chez les produits, c'est la comparaison du bardeau avec le mulet. Il y a, en effet, une telle différence entre ces deux hybrides, que l'existence du premier a donné lieu à bien des fables, parce qu'on ne songeait même pas à le rapprocher du mulet tant qu'on n'a pas connu le secret de son origine. Le bardeau est cependant le même hybride que le mulet, sauf le renversement des termes du père et de la mère; c'est l'ânesse qui a été livrée à l'étalon. Il résulte de ce changement un véritable retournement, chez le bardeau, des caractères du mulet : c'est un animal plus petit et plus faible, qui n'est donc pas recherché et que l'on n'a pas d'intérêt à propager. Il est évident que si l'hybridation entraînait la fusion des traits paternels et maternels, et que si le produit était réellement moyen, le bardeau et le mulet se ressembleraient beaucoup.

Il arrive parfois que le croisement des races de la même espèce est suivi tour à tour de phénomènes de fusion et de juxtaposition. Ainsi les métis du bélier mérinos et de la brebis française ont présenté à Grognier une toison tantôt intermédiaire entre celle du mérinos et celle des races locales, tantôt formée de brins de laine juxtaposes, les uns fins et longs comme chez le mérinos, les autres grossiers comme ceux de la race inférieure. Dans ce dernier cas, il était impossible d'utiliser une toison aussi irrégulière.

Le cheval anglais a été croisé avec notre race d'Auvergne sous prétexte d'améliorer celle-ci. Il en est résulté des métis que la juxtaposition de certains caractères du père et de la mère rend complétement impropres aux services qu'on leur demandait.

La couleur, ce trait si facile à observer, subit exactement les mêmes alternatives de fusion ou de juxtaposition chez le métis et chez l'hybride, et les faits que l'on cite sont souvent en sens inverse de la règle acceptée par quelques naturalistes.

Voici un exemple emprunté à Burdach, qui montre une répartition bien nette des deux phénomènes. Un croisement du corbeau noir et de la corneille mantelée a produit cinq hybrides; deux étaient noirs, deux gris et le cinquième mixte. Un pigeon noir et une tourterelle blanche ont donné un hybride ayant le plumage en damier, c'est-à-dire présentant, non pas une couleur moyenne, mais une juxtaposition très-nette des teintes de ses deux parents.

Inversement, il nous est facile de citer des exemples de fusion chez des métis. Burdach rapporte que le croisement de la souris blanche et de la souris noire donne des petits noirs, blancs ou gris. C'est une observation pareille à celle qu'Isid. Geoffroy avait faite sur les daims blancs et noirs du Muséum.

D'après Grognier, qui a cherché à caractériser les métis du cheval blanc et du cheval noir, il y a quelques cas de chevaux pies, mais le plus souvent la couleur est d'un gris uniforme.

Suivant Girou, un taureau noir et une génisse blanche donnent des veaux tantôt pies, tantôt gris. Enfin Burdach cite encore le croisement des oies très-foncées avec les oies blanches comme donnant presque toujours des métis d'un gris clair. La fusion est évidente dans la plupart de ces exemples.

En résumant tous ces faits, on voit qu'il est impossible de formuler une conclusion générale qui permette de regarder l'hybridation et le métissage comme caractérisés par l'un ou l'autre de ces modes de transmission des caractères. C'est que les rapports et la nature réciproques des espèces ou des races mises en présence, et, probablement aussi, ceux des individus soumis au croisement, influent avant tout sur le produit, et amènent chez lui cette fusion ou cette juxtaposition de caractères qu'on rencontre aussi bien dans un cas que dans l'autre.

Nous venons d'étudier rapidement, dans notre dernière leçon et en commençant celle-ci, le degré et le mode de transmission des caractères que présentent les végétaux ou les animaux qu'on croise. Rappelons dans quel but spécial nous l'avons fait. C'est toujours pour arriver à l'homme : car, ainsi que je vous l'ai dit bien des fois, c'est toujours l'homme que j'ai en vue, alors même que vous trouvez peut-être que je m'en éloigne un peu trop. A quel point sommes-nous donc arrivés maintenant? On avait dit que la ressemblance unilatérale était propre au croisement des variétés ou des races entre elles, tandis que l'on caractérisait les unions hybrides par la ressemblance bilatérale des produits. Nous avons vu qu'il importait d'écarter ces conclusions absolues. On avait voulu rattacher exclusivement les faits de fusion aux produits hybrides et les faits de juxtaposition aux métis. Nous avons vu qu'en y regardant de près, il n'y avait rien d'exact dans ces assertions, et que l'observation des phé[illegible] te nature ne nous conduisait nullement à po[illegible] rale.

Eh bien ! constatons tout d'abord que l'[illegible] entre groupes humains [illegible]

de conclusions absolument semblables. C'est ce que je me suis efforcé jusqu'ici, dans mon enseignement, de démontrer en accumulant les exemples isolés.

J'aime mieux aujourd'hui faire appel au témoignage des hommes qui, se trouvant le mieux à même d'observer les faits de cet ordre, sont arrivés à des conclusions qui confirment absolument celles que je viens de résumer. Je vous cite d'abord M. Pruner-bey.

Dans son bel ouvrage intitulé : *Questions relatives à l'anthropologie générale*, mon savant collègue a passé en revue, au point de vue du croisement, toutes les principales races humaines. Il examine certaines questions que nous ne devons pas aborder encore ; mais celles qui nous intéressent actuellement se retrouvent aussi dans cette étude.

Voici une des conclusions du savant anthropologiste : « Si la règle pour le croisement entre races domestiques est précisément qu'il n'y a point de règle quant au résultat, cette thèse paraît, jusqu'à plus ample informé, devoir tout aussi bien être appliquée à l'homme. » Nous avons vu que les conséquences qu'on a tirées de cet ordre de considérations sont loin de mériter toute l'importance qu'on a voulu leur attribuer. Or, cette remarque est aussi vraie lorsqu'il s'agit de l'homme que nous l'avons montrée exacte et légitime à propos des plantes et des animaux, puisque l'étude détaillée de M. Pruner-bey sur les croisements entre races humaines l'a conduit aux conclusions que nous avons déjà tirées de l'observation du métissage végétal et animal.

Mais, après avoir fait justice des exagérations de nos adversaires, je tiens à vous convaincre que, fussent-elles conformes à la réalité des faits, la doctrine monogéniste ne redouterait nullement de suivre le polygéniste sur ce terrain de la ressemblance, et qu'elle saurait y trouver nombre d'exemples dont elle ne serait pas en peine de faire son profit. J'ai donc à montrer que le croisement entre les groupes humains, même les plus éloignés, est généralement accompagné des mêmes faits qui, suivant plusieurs naturalistes, caractériseraient l'union des races végétales ou animales les plus rapprochées ou même des simples variétés. C'est ce que je vais faire en choisissant les faits principaux.

En général, dans les croisements humains qui nous sont le mieux connus, le blanc intervient. Presque toujours aussi on n'a tenu compte dans le produit que du caractère le plus frappant, la couleur. Les faits que je vais citer répondent à ces deux ordres de considérations.

Voici d'abord un exemple que j'emprunte à M. Pruner-bey; il a été signalé par M. Scherzer, qui faisait partie de l'expédition de la *Novara*, et s'occupait des observations anthropologiques. « L'enfant d'un père européen et d'une mère chinoise est au hasard ou Chinois ou Européen. » Voilà bien la ressemblance unilatérale telle que Geoffroy l'a observée à la suite du croisement du daim blanc avec le daim noir. Le métis est alternativement tout d'un côté ou tout de l'autre, et les deux types du vieux monde les plus extrêmes par leur habitat exercent sur le produit de leur union ce genre d'influence, tantôt prépondérante, tantôt à peu près nulle, par lequel on a prétendu caractériser tout mariage entre deux races très-voisines.

Mais l'éloignement géographique ne décide pas nécessairement de l'écart des types. Prenons les deux extrêmes anthropologiques, le nègre et le blanc européen. Leur métis, le mulâtre, est d'autant plus intéressant, à notre point de vue, qu'il est le fruit des races en même temps les plus différentes par leurs caractères et qui ont eu le plus de rapports sociaux entre elles; il est ainsi le mieux connu. Néanmoins les écrits de plusieurs auteurs renferment encore à son égard un grand nombre d'erreurs et de préjugés qu'il est bon de signaler.

On a dit que le type mulâtre était constant, ou, en d'autres termes, que l'union du nègre et du blanc produisait des métis qui tous se ressemblaient. On l'a cité également comme un métis exactement moyen entre ses parents. En réalité, ni l'un ni l'autre n'est vrai. Le mulâtre est-il vraiment moyen si on le compare à son père et à sa mère? Dans l'immense majorité des cas, ses caractères sont empruntés aux deux races; mais il y a toujours prédominance de l'une d'elles, qui est ordinairement la race nègre.

Tel est le jugement porté par Burmeister, l'un des hommes qui ont le plus observé les mulâtres dans l'Amérique du Sud et dans les îles du Mexique ; son témoignage est confirmé par M. Pruner-bey, qui les a étudiés en Égypte et en Arabie. Tous les deux signalent une prédominance marquée du type nègre ; elle se trahit par une chevelure habituellement frisée et laineuse, par la forme générale et les dimensions du crâne, par un front ordinairement bas et légèrement fuyant, par un prognathisme qui ne disparaît presque jamais à la première génération, enfin par la conformation des pieds, souvent aussi plats chez les mulâtres qu'ils le sont généralement dans certains groupes nègres. J'ajouterai à ces traits l'empâtement des coins de la bouche. Je ne dis rien pour le moment de la couleur ; c'est un point sur lequel je reviendrai tout à l'heure.

Ainsi les témoignages d'hommes habitués à une observation journalière nous montrent, dans le mulâtre, un produit mixte et non moyen, comme on l'a soutenu à tort.

Le mulâtre est-il constant dans ses caractères? Pas davantage. Sans doute, l'œil d'un Européen, habitué à ne voir que des types blancs, est vivement frappé par la vue de quelques mulâtres. Il est choqué tout d'abord de leur couleur, de leur physionomie générale ; et, ne saisissant pas, sous le coup de cette première impression, les différences très-réelles de leurs traits, il les déclare tous identiques, faute d'y avoir regardé d'assez près. C'est ainsi que, voyant passer un troupeau bien soigné, tout autre que le berger, qui connaît individuellement ses bêtes, croit voir le même mouton et la même brebis tirés, pour ainsi dire, à un plus ou moins grand nombre d'exemplaires.

Cependant l'œil acquiert vite l'éducation nécessaire pour saisir les variétés du type mulâtre. C'est une observation que vous pouvez faire dans les rues mêmes de Paris. Avec un peu d'attention, vous rencontrerez certainement des métis de blanc et de nègre qui vous montreront, remarquable exemple de juxtaposition, les traits de l'Européen presque pur alliés à la couleur et à la chevelure caractéristiques du nègre. Les vrais voyageurs, ceux qui savent voir et observer, sont très-explicites sur ce point. Dans une discussion qui s'est élevée sur ce point au sein de la Société d'anthropologie, M. Rufz de Lavison, se souvenant d'avoir vécu parmi les mulâtres des îles du Mexique, et M. Martin de Moussy, l'explorateur intelligent de l'Amérique méridionale, se sont accordés à déclarer, à propos des caractères de ces métis, que rien n'était moins régulier.

C'est aussi l'opinion de deux savants allemands, Burmeister et Koster, cités par M. Pruner-bey. Voici ce que dit le premier à propos d'un caractère essentiel, la chevelure : « Chez les mulâtres issus du même lit, à côté d'enfants à cheveux

›lus ou moins crépus, il en existe d'autres, surtout parmi les illes, qui les ont lisses et même bouclés. » Vous voyez que 'est ici un trait paternel qui se reproduit de préférence chez es filles.

La couleur est moins variable chez les mulâtres que ne le ont les autres caractères. Cependant une foule d'exemples ignalent des oscillations individuelles souvent considérables, :t nous montrent des écarts qui rentrent dans ce que nous ıvons dit des races et des variétés animales. Voici un fait des ›lus frappants où le partage des caractères est aussi complet ıue possible. Il offre un intérêt d'autant plus vif, qu'il est ›ersonnel à un homme dont le nom est connu dans les an›ales de la science, et sur lequel on a des renseignements rès-précis par une personne qui l'a beaucoup connu, par d. Catoire de Bioncourt, habitué des salons de Cuvier et de d. Duvernoy, chez qui j'ai eu bien souvent le plaisir de le oir. Je tiens de lui-même les détails suivants sur le fait dont l s'agit.

Lislet Geoffroy, ingénieur à l'île de France, correspondant le l'Académie des sciences, homme, par conséquent, d'une intelligence au-dessus de la moyenne, était fils d'un blanc et l'une négresse très-bornée.

Au physique, il était nègre autant que sa mère par les raits, la couleur, la chevelure, même par cette odeur propre ı la race, et dont M. Catoire, qui a dîné bien des fois à côté le lui, a pu être un excellent juge. D'ailleurs Lislet Geoffroy Était si bien *un blanc* sous le rapport du développement intellectuel et moral, qu'il avait réussi à vaincre les préjugés du ang si enracinés aux colonies; il était reçu dans les maisons habituellement fermées à quiconque est convaincu d'avoir a moindre goutte de sang noir dans les veines.

S'il se fût agi d'un animal, on aurait certainement cité une identité physique aussi complète avec la mère comme un exemple frappant de ressemblance unilatérale. Mais il s'agit d'un homme, c'est-à-dire d'un être qu'on doit envisager non-seulement au point de vue physique, mais aussi sous le rapport intellectuel et moral; dès lors la juxtaposition des caractères paternels et maternels apparaît aussi tranchée et aussi égale que possible. Lislet était un nègre pur au physique; au point de vue intellectuel et moral, c'était un blanc pur. A se placer, du reste, sur le terrain que nous venons d'examiner ensemble, ce fait, comme on l'envisage, rentre dans la catégorie de ceux qu'on a regardés comme résultant d'un métissage.

La fusion de la coloration du père avec celle de la mère est habituelle chez les mulâtres. Cependant leur couleur n'est pas tout à fait celle qui résulterait du mélange matériel du noir de nègre et du blanc. Il s'y joint une teinte jaune très-accusée qui, dans la langue des colonies, sert à caractériser les mulâtres par opposition avec les noirs.

Quelle qu'elle soit d'ailleurs, la coloration des mulâtres est généralement uniforme. Cependant les deux couleurs, le noir et le blanc, apparaissent parfois juxtaposées par plaques, au lieu d'être fondues comme elles le sont ordinairement.

Buffon, Lawrence, White, Parsons, Prichard, Prosper Lucas, citent plusieurs exemples de ce phénomène de coloration irrégulière. Voici peut-être le plus frappant. Je l'emprunte à Prichard, qui le rapporte lui-même d'après un mémoire de Parsons publié dans les *Philosophical Transactions* de la Société royale de Londres, et je suis le texte en abrégeant un peu dans la traduction.

« Un nègre, domestique, se maria avec une femme blanche qui servait dans la même maison. Vers la fin de la première grossesse, le maître emmena avec lui le domestique mâle, qui fut absent pendant dix à douze jours. Dans l'intervalle, sa femme accoucha d'une petite fille présentant tous les traits de sa mère, et semblable en tout, au premier abord, à l'enfant de deux parents blancs. A son retour, le mari fut profondément troublé en apercevant cette fille, et se prit à jurer qu'elle n'était pas de lui; mais la nourrice le calma bientôt. Elle déshabilla la petite fille, et lui montra que la fesse et la cuisse droites étaient aussi noires qu'il l'était lui-même. Le mari se réconcilia immédiatement avec sa femme et son enfant.» Parsons ajoute : « Je fus informé du fait et me rendis sur les lieux. J'examinai l'enfant, et trouvai que tous ces détails étaient vrais. La chose se passa au printemps de 1747. »

Peut-être faut-il rattacher à ce fait celui de l'enfant dont le portrait fut remis à Buffon par Faverne, ancien bourgmestre de Dunkerque. Ce portrait avait été trouvé sur un navire anglais dont s'étaient emparés des corsaires. Il portait l'inscription suivante : « Marie Sabina, née le 12 octobre 1736, à Matuna, plantation appartenant aux jésuites de Carthagène, en Amérique, de deux nègres esclaves nommés Mortimano et Padrona. » Cependant, en admettant la chasteté de la mère, ce fait paraît se rapporter à des phénomènes d'une autre nature dont je vous donnerai tout à l'heure un exemple.

Je mets en même temps sous vos yeux deux portraits faits à la Martinique, en 1782, et qui représentent un de ces nègres marqués de blanc et de noir. Les plaques sont ici réparties et juxtaposées d'une manière irrégulière; mais les auteurs que je viens de nommer parlent de cas où la disposition était plus régulière. White en signale deux et Prichard les reproduit dans son ouvrage. Le corps était toujours mi-parti blanc et noir; seulement dans l'un tout le côté droit était blanc et tout le côté gauche noir, tandis que dans l'autre les colorations étaient superposées, en sorte que la partie supérieure et la partie inférieure du corps étaient, la première blanche, et l'autre noire.

Enfin, dans le croisement du nègre et du blanc, le produit peut être, soit entièrement blanc, soit entièrement noir. C'est aussi un des résultats qu'on a obtenus dans le croisement du daim blanc avec le daim noir et des races noire et blanche de souris. Parsons, White, Lawrence, Prichard et Lucas mentionnent plusieurs faits de cette nature observés, soit par eux-mêmes, soit par des témoins irrécusables.

J'emprunte au docteur Parsons un cas doublement intéressant, en ce qu'il a été officiellement constaté et qu'il montre une certaine disposition héréditaire fort étrange dans l'union de deux noirs. Je traduis encore l'auteur anglais en abrégeant quelque peu l'original :

« Deux esclaves noirs, dans une même habitation située dans la Virginie, se marient. La femme met au monde une fille entièrement blanche. En voyant la couleur de son enfant, elle fut prise d'une véritable terreur, et, tout en déclarant qu'elle n'avait jamais eu de relations avec un blanc, elle s'efforça de cacher sa fille, en faisant éteindre les lumières pour que le père ne pût la voir. Celui-ci arriva bientôt, se plaignit de cette obscurité inusitée et demanda à voir son enfant. Les terreurs de la mère s'accrurent quand elle vit son mari approcher la lumière; mais, dès qu'il put voir sa fille, il parut enchanté; puis il la rendit à sa mère et témoigna à

mari dissimulait son ressentiment ; mais, peu de jours après, il lui dit : — « Vous avez eu peur de moi parce que mon enfant » était blanc, mais je l'aime bien davantage pour cela. Mon » propre père était blanc, bien que mon grand-père et ma » grand'mère fussent aussi noirs que vous et moi. Quoique » nous venions d'un pays où l'on n'a jamais vu de peuple » blanc, il y a toujours eu un enfant blanc dans toutes les fa- » milles qui se sont alliées à nous. » — Cette fille, à l'âge de quinze ans, fut vendue à l'amiral Ward et conduite à Londres pour être montrée à la Société royale des sciences. »

Il est probable qu'il s'agit là d'un fait d'atavisme. Il paraît que des phénomènes de cette nature se sont produits même en Afrique, et M. l'amiral Fleuriot Delangle m'en citait dernièrement un analogue.

Les mêmes auteurs rapportent plusieurs exemples de mariages mixtes produisant des enfants alternativement aussi noirs et aussi blancs que s'ils étaient les uns et les autres de races pures. Le fait s'est passé dans la famille d'un cordonnier de Berlin, dont les filles étaient noires et les fils complétement blancs.

Je passe à deux autres cas où les mêmes phénomènes se reproduisent, bien que les rôles des parents soient inverses. Ici le père et la mère sont alternativement blancs et noirs. Prosper Lucas a vu lui-même à Paris, pendant deux ans, une de ces familles dont l'exemple était aussi probant que possible, puisque la mère, étant noire, pouvait être supposée infidèle à son mari, sans que les conditions du croisement fussent aucunement changées. Cette femme se prétendait bien mulâtresse ; mais Prosper Lucas déclare qu'elle avait les caractères d'une négresse pur sang. Voici un tableau qui résume les deux observations de ce naturaliste :

PÈRE NOIR, MÈRE BLANCHE.	PÈRE BLANC, MÈRE NOIRE.
1° Négrillon pur sang par la couleur, mort à quinze mois.	1° Mulâtre tirant sur le nègre.
2° Vrai mulâtre.	2° Mulâtre brun plutôt que noir.
3° Fils blanc, figure agréable, cheveux blonds rouges, très-frisés.	3° Fille blanche, figure agréable, beaux yeux, petillante d'esprit.

Ainsi nous constatons dans les croisements de nègre et de blanc des faits semblables à ceux qui résultent exclusivement, au dire de certains naturalistes, de l'union de races les plus rapprochées, et même de variétés animales et végétales. Nous l'avons vu, il ne faut pas exagérer les conséquences de ces phénomènes, ni leur attribuer l'importance qu'y attachent Kant et Godron ; seulement il fallait bien montrer que le monogénisme ne craignait pas d'aborder cet ordre de faits et pouvait au besoin y trouver des arguments en sa faveur.

Cependant les exemples que je viens de passer en revue, celui surtout de ces deux familles mixtes observées par Prosper Lucas, si l'on y joint les autres faits analogues que l'on connaît en assez grand nombre, nous mettent sur la voie d'une réflexion qui viendrait singulièrement à l'appui des doctrines que nous avons précédemment soutenues. En effet, tous ces exemples, si l'on excepte celui de Lislet Geoffroy, ont été recueillis ailleurs qu'en Afrique, chez des individus de race nègre qui avaient été expatriés en Amérique ou en Europe, souvent chez des créoles, c'est-à-dire dans tous les cas chez des individus qui avaient changé de milieu. Le docteur Winterbottom, qui est demeuré pendant longtemps au milieu

porte rien de semblable.

Il semble donc que les faits en question se produisent plus particulièrement sous l'influence de l'émigration chez les nègres qui ont quitté la terre natale, c'est-à-dire le milieu où leur race vivait en harmonie avec des conditions d'existence dont la constance lui avait permis de se stabiliser et de se fixer.

S'il en est ainsi, s'il faut voir dans les phénomènes précédents un véritable effet de l'action du milieu. Il en résulte un argument bien fort en faveur de l'existence de races et non d'espèces humaines multiples. En effet, le milieu peut bien modifier les races déjà fixées en combattant l'action du sang, mais il ne saurait faire des espèces ; il n'influe donc pas sur l'hybridation. Aussi la facilité avec laquelle l'action du sang peut être atténuée par lui chez les nègres expatriés s'accorderait bien avec le métissage, tandis qu'elle ne s'expliquerait pas en supposant qu'il y eût hybridation.

Ce raisonnement, sur lequel je n'insiste pas, a, vous le voyez, cet avantage qu'il est général, et peut rendre compte de phénomènes accompagnant le croisement avec d'autres races que la race nègre.

ARM. ANGLIVIEL.

BULLETIN DES COURS.

Faculté de médecine de Paris.

Les cours d'hiver ouvriront le 3 novembre 1868.

PHYSIQUE MÉDICALE (les mardis et vendredis, à midi). — M. GAVARRET : Chaleur, électricité, lumière ; — (les lundis, à cinq heures) : Applications biologiques : acoustique et optique physiologiques.

PATHOLOGIE CHIRURGICALE (les lundis, mercredis et vendredis, à trois heures). — M. VERNEUIL : Chirurgie des régions.

ANATOMIE (les lundis, mercredis et vendredis, à quatre heures). — M. SAPPEY : Les appareils de la locomotion et de la circulation considérés au point de vue de l'anatomie générale, de l'anatomie descriptive et de l'anatomie topographique.

PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE GÉNÉRALES (les lundis, mercredis et vendredis, à quatre heures). — M. LASÈGUE : Logique médicale : Pathologie générale du système nerveux et de l'appareil digestif.

CHIMIE MÉDICALE (les mardis et samedis, à midi). — M. WURTZ : Chimie générale ; — (les jeudis, à midi) : Chimie biologique (phénomènes chimiques de la digestion ; études chimiques du sang.

PATHOLOGIE MÉDICALE (les mardis, jeudis et samedis, à trois heures). — M. AXENFELD : Maladies générales aiguës et chroniques.

OPÉRATIONS ET APPAREILS (les mardis, jeudis, samedis, à quatre heures). — M. DENONVILLIERS : Principes généraux de la médecine opératoire.

HISTOLOGIE (mardis, jeudis, samedis, à cinq heures). — M. ROBIN : L'Histologie proprement dite (2e partie du programme imprimé).

CLINIQUE D'ACCOUCHEMENTS (le matin, de huit à dix heures). — M. DEPAUL ; *à l'hôpital des Cliniques.*

MALADIES DES ENFANTS (les mercredis, à huit heures et demie). — M. H. ROGER, *à l'hôpital des Enfants.*

CLINIQUE MÉDICALE (le matin, de huit heures à dix heures). — MM. BOUILLAUD et CONSTANTIN PAUL, *à la Charité.* — M. BÉHIER, *à la Pitié.* — M. PETER, *à l'Hôtel-Dieu.*

CLINIQUE CHIRURGICALE (le matin, de huit heures à dix heures). — M. LAUGIER, *à l'Hôtel-Dieu.* — M. GOSSELIN, *à la Charité.* — M. BROCA, *à la Pitié.* — M. RICHET, *à l'hôpital des Cliniques.*

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 48 — 31 OCTOBRE 1868

INSTITUTION ROYALE DE LA GRANDE-BRETAGNE.

(LECTURES DU VENDREDI SOIR.)

M. HUXLEY (1)

(de la Société royale de Londres).

La théorie de l'évolution. — Animaux intermédiaires entre les oiseaux et les reptiles.

Les partisans de la doctrine de l'évolution (et je suis de leur nombre) soutiennent qu'il existe de bonnes raisons pour croire que le monde, avec tout ce qu'il porte et tout ce qu'il renferme, ne s'est pas produit dans l'état où nous le voyons, ni dans aucun autre état analogue.

Ils soutiennent au contraire que la conformation et la composition actuelles de la croûte terrestre, la distribution de la terre et des eaux, et les formes infiniment variées d'animaux et de plantes qui constituent sa population actuelle, sont simplement les derniers termes d'une immense série de changements produits, dans le cours d'une période infinie de temps, par l'opération de causes plus ou moins semblables à celles qui agissent encore de nos jours.

Il est fort possible que cette doctrine de l'évolution ne soit pas soutenue en connaissance de cause et dans toutes ses conséquences logiques par un grand nombre de personnes (1). Beaucoup de personnes acceptent certaines applications de cette doctrine sans se croire obligées de l'adopter tout entière. Certains individus, au contraire, acceptent la doctrine générale sans admettre d'une façon absolue ses applications particulières. Ainsi, telle personne qui adopte l'hypothèse des nébuleuses en astronomie, la doctrine de l'uniformité en géologie, ou la doctrine darwinienne en biologie, est partisan, jusque-là, de la doctrine de l'évolution.

Et d'autre part, comme je puis en témoigner par moi-même, on peut avoir une foi complète dans la doctrine de l'évolution et hésiter cependant à accepter l'hypothèse des nébuleuses, ou de l'uniformité, ou la doctrine darwinienne, dans toute leur intégrité et dans toute leur plénitude, car un grand nombre des objections qu'on met en avant contre ces diverses hypothèses n'affectent que ces hypothèses, et même, quand elles sont valables, ne touchent en rien à la doctrine générale de l'évolution.

Cependant il faut bien admettre que, parmi les arguments dont on se sert pour combattre certaines formes de la doctrine de l'évolution, il en est qui affecteraient très-sérieusement la doctrine tout entière, s'ils pouvaient résister à une réfutation.

Par exemple, il est une objection dont on se sert constamment, avec confiance, contre les doctrines de M. Darwin, et qui touche en réalité au cœur même de toute la doctrine de l'évolution, en tant du moins qu'elle s'applique au monde organique. On admet de toutes parts que les plantes et les animaux encore existants sont divisés par des intervalles naturels en plusieurs groupes très-distincts : les insectes diffèrent considérablement des poissons ; les poissons des reptiles ; les reptiles des mammifères, et ainsi de suite. De ce fait on tire l'objection suivante, qui est très-légitime : comment se fait-il que ces grandes lacunes existent, s'il est vrai que tous les animaux aient procédé d'une source commune par modifications graduelles ?

Je réponds, avec les partisans de l'évolution, qu'il y a eu un moment où ces lacunes n'existaient pas, et que des formes intermédiaires ont vécu à des périodes antérieures de l'histoire du monde, mais ont fini par disparaître.

Naturellement on nous prie alors de représenter ces formes éteintes de la vie. On nous demande de montrer, parmi les fossiles innombrables de toutes les époques que nous possédons, ceux qui constituent ces formes de transition.

La plupart du temps nous sommes obligés de répondre par l'aveu que nous n'avons pas ces formes sous la main, et nous attribuons cette absence de preuves nécessaires à l'imperfection bien connue des documents géologiques. Nous disons que la série de formations que nous connaissons n'est qu'une légère fraction de celles qui ont existé, et que, parmi celles mêmes que nous connaissons, il existe des hiatus et des lacunes considérables. Ces excuses sont d'un très-grand poids ; mais je ne puis écarter la pensée désagréable que ce ne sont, après tout, que des excuses.

Si le propriétaire d'une terre à qui on demanderait de produire ses titres de propriété était obligé de répondre que quelques-uns de ses titres ont été détruits par le feu un siècle auparavant, que d'autres ont été enlevés par un notaire infidèle, que le reste enfin se trouve enfermé dans quelque lieu sûr, mais sans qu'on puisse y mettre la main, ce propriétaire, je m'imagine, ne devrait pas éprouver un sentiment de sécurité très-grande, bien que ses allégations puissent être parfaitement fondées et ses droits de possession indiscutables. Or, une doctrine est une propriété scientifique ; son teneur doit être

(1) Voyez d'autres leçons de M. Huxley ci-dessus, pages 665 et 697, 19 septembre et 3 octobre 1868, et dans notre tome III, page 183, 10 février 1866.

(1) Le seul exposé complet et méthodique de cette doctrine que je connaisse se trouve dans le *System of philosophy* de M. Herbert Spencer, ouvrage que doivent soigneusement étudier tous ceux qui désirent s'instruire sur les tendances actuelles du mouvement scientifique.

toujours prêt à produire ses titres de possession sous forme de preuves directes, ou il doit se résigner à éprouver ce sentiment particulier d'incertitude dont je parlais à l'instant.

Vous ne serez donc pas surpris si je saisis cette occasion pour montrer que l'objection tirée de l'absence supposée de formes fossiles intermédiaires, pour combattre la doctrine de l'évolution, n'est certainement pas fondée dans tous les cas. En un mot, si je ne puis produire tous les titres de propriété de la doctrine de l'évolution animale, je suis à même de vous montrer quelques parchemins qui s'y rapportent d'une manière très-évidente.

Pour un observateur superficiel, il n'est pas deux groupes qui semblent plus nettement séparés que les reptiles et les oiseaux. L'oiseau-mouche et la tortue, l'autruche et le crocodile, offrent le contraste le plus marqué; et, sauf le rapport de l'animalité, la cigogne semble n'avoir rien de commun avec le serpent qui lui sert de pâture.

Mais des recherches approfondies ont fait voir que ces différences évidentes sont d'une nature beaucoup plus superficielle qu'on n'eût pu le soupçonner, et qu'il existe, entre les reptiles et les oiseaux, des affinités beaucoup plus marquées qu'on n'en peut constater entre les oiseaux et les mammifères ou entre les reptiles et les amphibies. Néanmoins la lacune qui existe entre ces deux groupes, « sans être aussi large que la porte d'une église ou aussi profonde qu'un puits », est cependant encore assez considérable dans l'état actuel du monde.

Sans vouloir vous plonger dans les profondeurs de l'anatomie, et tout en me bornant à ce système osseux auquel on est obligé de se restreindre presque absolument quand on veut comparer les animaux éteints aux animaux vivants, je puis mentionner les différences suivantes comme étant pour le moment les plus importantes entre les oiseaux et les reptiles :

1° L'aile d'un oiseau, qui répond à la main de l'homme ou au membre antérieur d'un reptile, renferme invariablement trois doigts. Ceux-ci répondent au pouce et aux doigts suivants chez l'homme, et leurs métacarpiens sont ankylosés ou soudés par un lien osseux solide. Deux seulement de ces doigts sont armés de griffes à leur extrémité, ce sont ceux qui répondent au pouce et au doigt voisin; quelquefois les griffes font complétement défaut. Il n'existe aucun reptile à membres antérieurs bien développés qui ne possède que trois doigts; leurs métacarpiens ne sont jamais soudés, et les doigts ne présentent jamais moins de trois griffes à leurs extrémités.

2° Chez l'oiseau, le cartilage primitif du sternum est remplacé à la longue par un tissu osseux qui ne procède pas du cartilage; l'ossification y débute par deux points au moins.

Chez le reptile, au contraire, lorsque le sternum est osseux, l'os s'est formé directement aux dépens du cartilage, et l'ossification ne s'y fait pas par plusieurs centres distincts.

3° Chez l'oiseau, un nombre considérable de vertèbres caudales et lombaires, ou dorsales, se réunissent aux vertèbres sacrées proprement dites, pour former le sacrum. Chez les reptiles, la région correspondante de la colonne vertébrale est constituée par une ou deux vertèbres sacrées.

4° Chez les oiseaux, l'os de la hanche, ou ilion, déborde de beaucoup l'acetabulum en avant et en arrière; les ischions et les pubis sont dirigés en arrière, de manière à être presque parallèles entre eux et à l'acetabulum; les ischions ne se réunissent pas à la ligne médiane et abdominale du corps.

Chez les reptiles, au contraire, l'os de la hanche ne se développe pas en avant de l'acetabulum; les axes des ischions et des pubis divergent et sont placés plus ou moins à angle droit avec celui de l'ilion: Les ischions se réunissent toujours à la ligne médiane et ventrale du corps.

5° Chez tous les oiseaux, l'axe du fémur est presque parallèle au plan médian du corps (comme chez les mammifères ordinaires) lorsque la jambe est dans sa position naturelle. Chez les reptiles, l'axe du fémur se trouve placé plus ou moins à angle ouvert par rapport au plan médian.

6° Chez les oiseaux, une moitié du tarse est indissolublement unie au tibia, et l'autre moitié au métatarse. Il n'en est pas ainsi chez les reptiles.

7° Les oiseaux n'ont jamais plus de quatre doigts; le cinquième fait toujours défaut. Le métatarsien du gros orteil est toujours court et incomplet à sa partie supérieure. Les autres métatarsiens sont soudés ensemble et se réunissent à une moitié du tarse, de façon à former un seul os, appelé le *tarso-métatarse*. Les reptiles à membres postérieurs complétement développés ont au moins quatre orteils, dont les métatarsiens sont tous complets et distincts les uns des autres.

Bien que tous les oiseaux connus diffèrent ainsi de *tous les* reptiles connus, il existe un groupe d'oiseaux relativement restreint, qui se rapproche un peu plus des reptiles. Ce sont les *Ratitæ*, ou les oiseaux de la tribu des autruches, comprenant l'autruche, le rhea, l'émeu, le casoar, l'aptéryx, et les dinornis, ces oiseaux de la Nouvelle-Zélande qui n'ont disparu que depuis peu (si tant est qu'ils aient disparu) et qui atteignaient des proportions gigantesques. Tous ces oiseaux sont remarquables par la petitesse de leurs ailes; par l'absence d'une crête ou quille sur l'os de la poitrine, et d'une furcula complète, et, dans beaucoup de cas, par la réunion tardive des os de l'aile, du pied et du crâne. Par ce dernier caractère, comme aussi par la forme du sternum et de la ceinture osseuse de l'épaule, et par certaines particularités du crâne, ces oiseaux se rapprochent davantage du type des reptiles que les autres; mais l'ensemble de ce rapprochement est peu marqué, et la lacune entre les reptiles et les oiseaux est médiocrement comblée par le fait de leur existence.

Jusqu'à quel point peut-on arriver à combler cette lacune, lorsqu'on remonte aux époques qui nous ont précédés?

Cette question peut se subdiviser en deux points :

1° Y a-t-il des oiseaux fossiles qui se rapprochent davantage des reptiles que les oiseaux de nos temps?

2° Y a-t-il des reptiles fossiles qui se rapprochent davantage des oiseaux que les reptiles actuels?

Je vais tâcher de montrer qu'on peut répondre affirmativement à ces deux questions.

Il est instructif de noter par suite de quelle circonstance fortuite on est parvenu à savoir qu'il avait existé un oiseau fossile tenant plus du reptile, sous quelques rapports, qu'aucun des oiseaux de nos jours.

On n'avait découvert, dans des rochers d'âges très-divers appartenant à l'époque tertiaire, que des os d'oiseaux dont les caractères se rapportaient aux espèces connues de nos jours. Il y a encore quelques années, les grandes formations secondaires n'avaient rendu que les quelques ornitholites épars qui ont été découverts dans les grès verts de Cambridge, et qui ne suffisent pas pour déterminer nettement les affinités des oiseaux auxquels ils appartenaient.

Cependant cette fine boue calcaire de l'ancien fond marin oolithique qui s'est durcie et forme aujourd'hui la

fameuse ardoise lithographique de Solenhofen, et qui a conservé d'innombrables organismes délicats dont nous aurions complétement ignoré l'existence sans cette circonstance fortuite, cette couche, dis-je, a révélé en 1861, au fameux paléontologiste Herman von Meyer, l'empreinte d'une plume appartenant à un oiseau jusqu'alors inconnu, et auquel von Meyer a donné le nom d'*Archæopteryx lithographica*. Dans la même année, le docteur Haberlein faisait, de son côté, la précieuse découverte du squelette même de l'*Archæopteryx* qui orne aujourd'hui le musée Britannique, et qui a servi à faire connaître les principaux caractères de cet oiseau très-ancien. Mais il faut se rappeler que cette plume et ce squelette imparfait sont les seuls débris d'oiseaux qui aient pu être découverts jusqu'à présent dans toute cette grande série de formations connues sous le nom de *weald* et d'*oolithe*, et qui sont situées sur le même plan que les gisements de Solenhofen ou sur un plan supérieur.

Bien que quelques paléontologistes puissent être amenés, par un esprit de logique, à déclarer que cette classe d'oiseaux a été créée dans la seule personne de l'*Archæopteryx*, pendant la formation des ardoisières de Solenhofen, qu'elle a disparu pendant la formation wealdienne, a été créée de nouveau avec les grès verts, pour disparaître encore une fois durant la période crétacée, et reparaître derechef à l'époque tertiaire, je suis disposé, pour ma part, à adopter l'hypothèse qu'un grand nombre d'oiseaux, outre l'*Archæopteryx*, ont existé durant toute cette ère, et que si nous ne savons rien de ces oiseaux, c'est simplement parce que nous n'avons pas eu la chance de découvrir jusqu'à présent les dépôts où leurs débris se trouvent conservés.

Or, à quoi ressemble cet *Archæopteryx?* Malheureusement le crâne a été perdu; mais la jambe et le pied, le bassin, la ceinture osseuse de l'épaule et les plumes, autant qu'on en peut juger par l'étude de leur structure, sont tout à fait semblables à ceux des oiseaux de nos jours.

Mais, d'autre part, la queue est très-longue et ressemble plus, sous ce rapport, à celle d'un reptile qu'à celle d'un oiseau. Deux doigts du membre supérieur sont armés de griffes recourbées, beaucoup plus fortes que celles de tout oiseau connu; et, selon toute apparence, les métacarpiens sont complétement libres et détachés les uns des autres.

Ainsi, c'est un fait prouvé que, sous certains rapports, l'oiseau le plus ancien que l'on connaisse se rapproche plus étroitement du reptile que tout oiseau moderne.

Y a-t-il des reptiles fossiles qui se rapprochent plus des oiseaux que les reptiles encore vivants?

Comme dans le cas des oiseaux, les formations tertiaires ne fournissent aucune trace de reptiles qui s'éloignent du type des groupes actuels. Mais contrairement à ce que nous avons vu pour les oiseaux, la formation mésozoïque la plus récente, c'est-à-dire la crétacée, nous fait connaître des reptiles qui, à première vue, semblent se rapprocher étroitement des oiseaux. Ce sont les reptiles volants, les ptérodactyles, qui ressemblent à la grande majorité des oiseaux par la présence de cellules aériennes dans leurs os, par l'aspect des coracoïdes et des scapula qui rappellent étonnamment ceux des oiseaux, et par leur large sternum muni d'une crête médiane. De plus, chez quelques ptérodactyles, la partie prémaxillaire et la symphyse des mâchoires se prolongent sous forme de becs qui semblent avoir été entourés d'une matière cornée, alors que le reste de chaque mâchoire était armé de dents.

Mais ces becs entourés de matière cornée se retrouvent chez les reptiles aussi bien que chez les oiseaux; la structure de l'arc scapulo-coracoïde et du sternum, et la présence de cellules aériennes dans les os, sont des faits très-variables chez les oiseaux eux-mêmes. Ces caractères, chez les ptérodactyles, pourraient donc être de simples modifications dues à l'appropriation aux milieux.

D'autre part, la patte antérieure a quatre doigts libres, dont trois, situés à la partie interne, sont armés de fortes griffes, tandis que le quatrième, qui se prolonge considérablement, forme un contraste frappant avec le défaut de développement que présente le doigt correspondant chez les oiseaux. De plus, le bassin, ainsi que le membre et le pied postérieurs, diffère complétement de celui de l'oiseau.

Ainsi nous voyons que les ptérodactyles, parmi les reptiles, se rapprochent des oiseaux, à la manière des chauves-souris parmi les mammifères. Ils constituent une espèce de chauves-souris-reptiles plutôt que de véritables intermédiaires entre les reptiles et les oiseaux; et c'est précisément sous le rapport des organes qui caractérisent le plus nettement les oiseaux, c'est-à-dire le pied et la main, qu'ils s'éloignent le plus considérablement du type de ces derniers animaux.

Il est donc clair que la transition du reptile à l'oiseau ne s'opère pas entre le reptile volant et l'oiseau volant. Par conséquent, nous devons la chercher ailleurs. J'ai déjà fait la remarque que, dans notre monde actuel, les animaux qui se rapprochent le plus étroitement des reptiles sont certains oiseaux terrestres, les autruches et leurs semblables, qui sont tous privés de la faculté de pouvoir voler par suite de la petitesse relative de leurs membres antérieurs et du caractère de leurs plumes.

Pourrons-nous trouver parmi les reptiles fossiles quelques espèces qui se rapprochent de ces oiseaux non volants, et qui s'en rapprochent non-seulement par la faiblesse de leurs membres antérieurs, mais par d'autres caractères plus importants? Je crois que nous le pouvons en cherchant dans une direction qui paraît, au premier abord, invraisemblable.

Les *Dinosauriens* (reptiles éteints dont le groupe comprend l'*Iguanodon*, l'*Hadrosaurus*, le *Megalosaurus*, le *Poikilopleuron*, le *Scelidosaurus*, le *Platœosaurus*, etc.), qui se rencontrent dans toute la série des rochers mésozoïques, et qui sont, pour la plupart, de dimensions gigantesques, semblent fournir, selon moi, les caractères que nous cherchons.

Chez tous ces animaux, on ne connaît encore qu'imparfaitement le crâne ou la région cervicale de la colonne vertébrale, et dans aucun des genres on n'a pu jusqu'ici retrouver le sternum ou les pattes antérieures. Dans aucun de ces genres on n'est parvenu non plus à recueillir la moindre trace d'une clavicule. Quant aux caractères sur lesquels on est tout à fait fixé, on a pu constater les particularités suivantes :

1° Il entre de quatre à six vertèbres dans la composition du sacrum, et les vertèbres se rattachent à l'os iliaque, d'après un mode qui rappelle à la fois l'oiseau et le reptile.

2° L'ilion se prolonge en avant comme en arrière de l'acetabulum, et la ressemblance qu'il affecte ainsi avec l'ilion de l'oiseau augmente considérablement, quand on considère la forme très-arquée du rebord cotyloïdien et la perforation considérable du plancher de l'acetabulum.

3° Les deux autres portions de l'os innominé n'ont pu être observées en place; et, à vrai dire, on n'en connaît qu'une seule, mais celle-là est excessivement remarquable par sa

Cuvier et ses successeurs ont donné le nom de « clavicule » chez le *Megalosaurus* et l'*Iguanodon*, bien que le sagace Buckland eût déjà pressenti sa véritable nature (1). Mais ces os ne ressemblent en aucune façon aux clavicules des animaux munis d'une clavicule, tandis qu'ils ressemblent extrêmement à l'ischion des oiseaux appartenant à l'espèce des autruches. Dans la seule découverte fossile où ces os eussent plus ou moins conservé leurs rapports avec les autres parties du squelette, c'est-à-dire dans l'*Iguanodon* de Maidstone, ils se trouvent placés de chaque côté du corps, tout près des ilions. Je regarde comme un fait certain que ces os appartiennent au bassin, et non à la ceinture osseuse de l'épaule. Selon moi, ils constituent en toute probabilité des ischions; mais je ne conteste pas que ce pourraient aussi être des os pubiens.

4° La tête du fémur se trouve placée à angle aigu par rapport à la diaphyse, de sorte que l'axe du fémur avait dû être parallèle au plan médian vertical du corps, comme chez les oiseaux.

5° La surface postérieure du condyle externe du fémur présente une crête prononcée, passant entre la tête du péroné et celle du tibia, comme chez les oiseaux. Ce caractère n'existe qu'à l'état de rudiment chez d'autres reptiles.

6° Le tibia est muni d'une crête antérieure très-prononcée, convexe du côté interne, concave du côté opposé. Il n'y a rien de comparable à ce caractère chez les autres reptiles; tandis qu'une crête correspondante et tout aussi développée existe chez la grande majorité des oiseaux, et surtout chez les espèces douées d'une très-grande aptitude à la marche ou à la natation.

7° L'extrémité inférieure du péroné est beaucoup plus petite que son extrémité supérieure; toutes proportions gardées, c'est un os plus grêle que chez d'autres reptiles. Chez les oiseaux, l'extrémité inférieure du péroné s'amincit en forme de pointe. C'est un os encore plus grêle que chez les reptiles.

8° Le *Scelidosaurus* a quatre orteils complets; mais il possède en outre un cinquième métatarsien à l'état de rudiment. Le troisième orteil, le moyen, est le plus gros; et le métatarsien du gros orteil est plus petit à son extrémité postérieure qu'à son extrémité antérieure.

L'*Iguanodon* a trois orteils de grandes dimensions et dont le moyen est le plus long. On a pu constater, dans un cas, que l'extrémité antérieure et grêle du premier métatarsien adhérait à la face interne du second métatarsien. En supposant donc que le gros orteil eût atteint tout son développement, il devait être probablement très-petit. On n'a pu retrouver aucune trace de l'orteil externe.

D'après la manière dont les trois principaux métatarsiens s'articulent, il est clair qu'ils étaient intimement et solidement unis, et que le développement des régions phalangiennes des orteils fournissait au corps de l'animal une base de sustentation suffisante.

Mantell, et plus récemment Leidy, ont été amenés à conclure, en se fondant sur la différence considérable qui existe entre les dimensions des membres antérieurs et celles des chez l'*Iguanodon* et l'*Hadrosaurus*, que ces animaux avaient pu se soutenir, pendant un laps de temps plus ou moins long, sur leurs jambes de derrière.

Mais la découverte plus récente de M. Beckles, qui a trouvé, dans le Weald, des traces laissées par des paires de pattes à trois orteils ayant de telles dimensions et placées à une telle distance l'une de l'autre, qu'il est difficile d'admettre qu'elles aient pu être faites par tout autre animal que l'*Iguanodon*, cette découverte, dis-je, a donné lieu à la supposition que ces gigantesques reptiles, ainsi que d'autres espèces de sa famille, ont dû marcher temporairement, ou pendant toute la durée de leur existence, sur les jambes de derrière.

Quoi qu'il en soit, il est certain que le train postérieur des *Dinosauriens* s'est merveilleusement rapproché de celui des oiseaux par sa conformation générale, et conséquemment que ces reptiles disparus étaient plus étroitement alliés aux oiseaux que tout autre reptile éncore vivant.

Mais on retrouve surtout le « chaînon perdu », qui relie les reptiles aux oiseaux dans un spécimen unique tiré de ces ardoisières de Solenhofen, qui, par le fait fortuit de leur existence et de leur utilité dans les arts, auront pu fournir tant d'utiles données à la paléontologie. C'est ce singulier reptile qui a été décrit par Andréas Wagner, mort tout récemment, sous le nom de *Compsognathus longipes*, et dont d'autres affinités plus cachées avec les oiseaux ont été indiquées depuis lors par Gegenbaur. Malgré son petit volume (il ne dépassait pas deux pieds de long), ce reptile doit être placé, selon moi, sinon parmi les *Dinosauriens*, du moins très-près de ce groupe de reptiles : il tient encore plus de l'oiseau qu'aucun des animaux placés habituellement dans ce groupe.

Le *Compsognathus longipes* a une petite tête à mâchoires armées de dents, soutenue par un cou très-long et très-grêle. Les ilions débordent l'acetabulum en avant et en arrière. Les pubis ont dû être, selon toute 'apparence, remarquablement longs et minces (circonstance favorable à l'hypothèse qui considère comme des pubis les prétendues « clavicules » de l'*Iguanodon*). Le membre antérieur est très-petit; malheureusement les doigts des pattes sont détachés et il n'existe que quatre griffes; il est donc possible que chaque patte antérieure n'ait été armée que de deux doigts à griffes.

Le membre postérieur est très-volumineux et disposé de la même manière chez les oiseaux. Comme chez ces derniers, le fémur est plus court que le tibia, circonstance par laquelle le *Compsognathus* se rapproche plus de l'oiseau que ne le font les *Dinosauriens* ordinaires.

La division postérieure du tarse est soudée au tibia aussi comme chez les oiseaux. Au pied, les os du tarse ne sont pas unis aux trois métatarsiens longs et minces qui répondent aux second, troisième et quatrième orteils. De tout le cinquième orteil, il n'existe qu'un métatarsien à l'état de rudiment. Le pouce est court, et le métatarsien qui lui est propre semble manquer à l'extrémité postérieure.

Il est impossible, en considérant la conformation de cet étrange reptile, de douter qu'il n'ait marché ou sauté à cloche-pied dans une attitude verticale ou demi-verticale, à la façon d'un oiseau : la longueur de son cou, la petitesse de sa tête et le peu de développement de ses membres antérieurs ont dû d'ailleurs lui donner la plus étrange ressemblance avec un oiseau.

J'espère avoir tenu la promesse que je vous avais faite, je

(1) Le soi-disant « coracoïde » du *Megalosaurus* est l'ilion. C'est au professeur Philips et à la splendide collection de débris mégalosauriens qu'il a formée à Oxford, que je dois les données les plus importantes concernant le reptile.

veux dire de vous montrer qu'il a réellement existé dans les temps passés des oiseaux tenant plus des reptiles que ceux de nos jours, et des reptiles tenant plus des oiseaux que ceux du monde actuel.

Mais, en nous fondant sur la théorie des probabilités, nous pouvons dire qu'il est au plus haut degré invraisemblable que cette paire de squelettes uniques dans leur genre, conservés dans les gisements relativement restreints des ardoisières de Solenhofen qui représentent la faune d'une portion seulement de l'époque mésozoïque, soient précisément les débris, l'un de l'oiseau le plus rapproché des reptiles et l'autre du reptile le plus rapproché des oiseaux qui aient jamais existé.

Et cette conclusion acquiert une force bien plus grande quand nous nous reportons aux traces précieuses de la faune du trias que nous fournissent les sables du Connecticut. Il est vrai que ces sables ne nous ont donné encore ni plumes ni ossements; mais les êtres vivants qui ont traversé cette couche, alors qu'elle formait la plage sablonneuse d'une mer tranquille, y ont laissé des traces innombrables et pleines d'utiles enseignements. Plusieurs de ces traces sont tout à fait identiques, comme formes et comme dimensions, avec celles de nos oiseaux modernes; d'autres représentent des impressions gigantesques à trois doigts, comme celles du weald de notre propre pays; d'autres encore se rapprochent davantage des marques laissées par des reptiles ou des *amphibies* qu'on retrouve encore de notre temps. L'importante vérité révélée par ces traces, c'est qu'au début de l'époque mésozoïque, il existait des bipèdes ayant les pattes d'un oiseau et marchant dans l'attitude verticale ou demi-verticale que prend ce dernier animal.

Ces bipèdes étaient, ou des oiseaux, ou des reptiles, ou plus probablement ils étaient à la fois l'un et l'autre, et l'on ne peut mettre en doute qu'une argile lithographique du trias doit nous fournir des oiseaux qui se rapprocheraient plus des reptiles que l'*Archæopteryx*, et des reptiles qui se rapprocheraient encore plus des oiseaux que le *Compsognathus*, à tel point qu'ils combleraient la lacune que ces deux animaux laissent encore subsister entre les reptiles et les oiseaux.

Mais si, en remontant jusqu'aux âges les plus reculés pour retrouver des formes d'êtres organisés, nous rencontrons comme un fait brutal des reptiles qui s'éloignent du type général pour prendre l'aspect d'un oiseau, au point qu'il ne devient aucunement difficile de concevoir un être complétement intermédiaire entre le *Dromæus* et le *Compsognathus*; assurément il n'y a rien de bien illégitime ou de bien extravagant dans l'hypothèse qui veut que le *Phylum* de la classe des *Aves* descende directement des reptiles dinosauriens; que ceux-ci, passant par une série de modifications, comme celles que nous présente en partie le *Compsognathus*, aient donné naissance aux *Ratitæ*; et que les *Carinatæ*, modifications et *différentiation* les plus avancées de ces animaux, aient atteint leur spécialisation la plus marquée dans le monde existant sous la forme des pingouins, des cormorans, des oiseaux de proie, des perroquets et des oiseaux chanteurs.

Cependant, comme des oiseaux qui avaient subi une différentiation complète ont existé en toute probabilité, même à la période triasique, et comme nous possédons à peine quelque connaissance des reptiles terrestres de cette époque, on peut accepter comme une certitude que nous ne savons rien des animaux qui reliaient les reptiles aux oiseaux, tant au point de vue de l'histoire qu'au point de vue de la genèse, et que les *Dinosauriens*, avec le *Compsognathus*, l'*Archæopteryx* et les oiseaux de la tribu des autruches, nous permettent seulement d'arriver à une conception raisonnable de ce que devaient être ces formes intermédiaires.

Pour terminer, je crois avoir donné quelque fondement à mon assertion, que les faits de la paléontologie, en tant du moins qu'il s'agit des oiseaux et des reptiles, sont loin d'être opposés à la doctrine de l'évolution, et qu'ils sont tels que cette doctrine devait nous les faire supposer. Ils nous permettent en effet de concevoir le mode d'après lequel les oiseaux ont pu dériver des reptiles, et ils nous autorisent ainsi à maintenir que l'hypothèse de cette origine des oiseaux a plus de vraisemblance que toutes les autres hypothèses qui ne sont pas fondées sur des faits d'une valeur équivalente.

TH. H. HUXLEY.
Professeur à l'Institution royale, à l'École des mines et au Collége des chirurgiens de Londres.

— Traduit de l'anglais par JOHN FAURE. —

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.

M. P. SCHUTZENBERGER.

Une nouvelle classe de sels. — Le rôle de l'acide hypochloreux en chimie organique.

L'introduction d'un nouvel agent dans le domaine des réactions est toujours une bonne fortune pour les chimistes; elle leur fournit un outil de plus, et leur permet de creuser plus avant le sillon où ils déposent, depuis des années, les germes de la vérité. Les réactifs et les instruments sont nos armes de guerre; à chacun répond un progrès plus ou moins marqué. Vous vous rappelez les applications fécondes que l'on a faites du perchlorure de phosphore, et récemment M. Berthelot nous a montré, dans son beau travail sur l'acide iodhydrique, le parti que la science peut tirer de l'emploi, habilement dirigé, d'un seul et même corps.

En vue de réaliser un but spécial, j'ai été amené, il y a quelques années, à faire sortir l'acide hypochloreux de l'inaction où il sommeillait; depuis lors M. Carius, par de remarquables synthèses, a de nouveau fixé l'attention sur lui.

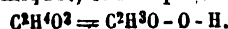
Dans plus d'une circonstance, j'ai été frappé de la netteté et de l'instantanéité des phénomènes chimiques qu'il provoque, et je suis convaincu que l'acide hypochloreux est appelé à prendre un rang important parmi les réactifs. En traçant à grands traits les services déjà rendus, mon but est d'aider, dans la faible limite de mes moyens, à la diffusion de son emploi. J'ai pensé aussi qu'il y aurait quelque intérêt pour vous à assister au développement expérimental des principales propriétés de corps doués de caractères nets et assez curieux, mais qui, en raison de leur instabilité, ont été peu maniés par les chimistes.

A une époque où les idées de substitution et de types, développées par MM. Dumas, Laurent, Würtz, Gerhardt, formaient la pierre fondamentale de la chimie organique, alors que la théorie de l'atomicité des radicaux et des éléments commençait à s'affirmer, je fus préoccupé d'une idée bien simple en apparence, qui me conduisit à la découverte et à l'étude de la plupart des faits dont je vais avoir l'honneur de vous entretenir.

Dans un acide organique, l'acide acétique, par exemple, la substitution du chlore à l'hydrogène porte toujours sur

de nommer typique, et qui est susceptible d'être facilement remplacé par une quantité équivalente de métal.

Dans l'acide acétique dont la formule brute est $C^2H^4O^2$ ($C = 12$, $O = 16$, $H = 1$), les chimistes ont l'habitude d'isoler un atome d'hydrogène, parce que cet atome joue un rôle spécial et occupe une place à part dans la molécule complexe. On suppose, et c'est l'opinion que nous admettons, que Θ diatomique relie d'une part l'acétyle (C^2H^3O) et H de l'autre, tous deux monoatomiques, et l'on peut écrire :



$$C^2H^4O^2 = C^2H^3O - O - H.$$

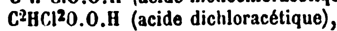
Les acétates métalliques sont représentés par la formule

$$C^2H^3O - O - M.$$

On connaît trois dérivés de substitution chlorée de l'acide acétique, tous trois fonctionnant comme des acides monobasiques ; l'ensemble de leurs réactions conduit à admettre que le chlore a pris la place de l'hydrogène du radical acétyle, et leur composition est exprimée par les formules :



$C^2H^2ClO.O.H$ (acide monochloracétique),



$C^2HCl^2O.O.H$ (acide dichloracétique),



$C^2Cl^3O.O.H$ (acide trichloracétique),

tandis que leurs sels métalliques s'écrivent :



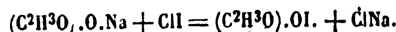
$C^2H^2ClO.O.M$ (monochloracétates), etc.

Je me suis demandé s'il n'y aurait pas possibilité de faire porter la substitution du chlore à l'hydrogène, sur l'hydrogène typique, celui qui est mis à part dans la formule $C^2H^3O.O.H$, celui qui cède si facilement sa place aux métaux lors de la production des acétates. Dans ce cas on obtiendrait un composé de la forme $C^2H^3O.O.Cl$. Ce corps serait isomère avec l'acide monochloracétique, mais il ne devrait pas en posséder les propriétés, car ici le chlore fonctionnerait comme un métal. En d'autres termes, par son mode de formation et l'ensemble de ses caractères, il se rapprocherait des sels et pourrait être considéré comme de l'acétate de chlore. Cette expression paraît choquante au premier abord. L'idée de sel n'éveille-t-elle pas, en effet, celle de métal, d'acide et de base métallique ; mais pour peu qu'on y réfléchisse, on verra que chaque classe de sels constitue un type qui garde un ensemble de propriétés communes génériques, quel que soit l'élément qui occupe la place de l'hydrogène typique dans l'acide hydraté générateur ; et si nous sommes convenus d'appeler acétate tout corps représenté par la formule $(C^2H^3O).O.R$ [R = radical quelconque simple ou composé], la logique permet de nommer le corps $(C^2H^3O).O.H$, acétate d'hydrogène, et $(C^2H^3O).O.Cl$, acétate de chlore.

Pour en revenir à notre point de départ, j'ai cherché à réaliser la synthèse de corps de ce genre, dont l'existence était au moins théoriquement probable, en suivant les méthodes les plus généralement connues et employées pour la formation des sels proprement dits.

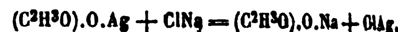
Jusqu'à présent je n'ai parlé que du chlore ; mais on peut étendre l'idée développée à ses congénères, le brome, l'iode, le cyanogène, etc.

Mettons en présence de l'acétate de sodium sec et du protochlorure d'iode, en proportions équivalentes. Que peut-il se passer ? En raisonnant d'après les affinités, il y a quelque probabilité à voir le chlore s'emparer du métal alcalin, et l'iode prendre la place de ce dernier, comme le montre l'équation



$$(C^2H^3O).O.Na + ClI = (C^2H^3O).OI. + ClNa.$$

La formation de l'acétate d'iode, ou la substitution de l'iode par voie de double échange. Cette réaction serait en tous points comparable à celle qui se produit entre l'acétate d'argent et le chlorure de sodium :



$$(C^2H^3O).O.Ag + ClNa = (C^2H^3O).O.Na + ClAg,$$

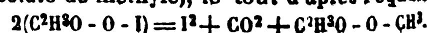
car il est évident que dans le chlorure d'iode, l'iode fonctionne comme élément électro-positif vis-à-vis du chlore.

Voyons si les faits répondent aux prévisions théoriques. Au moment du mélange des deux corps (acétate de sodium et chlorure d'iode), la masse s'échauffe très-sensiblement et se fluidifie en partie. La température atteint au moins 50 degrés ; en même temps, l'odeur forte et irritante du chlorure d'iode disparaît, sans qu'il se dégage la moindre trace de gaz ou de vapeur, même en portant au bain-marie, à 100 degrés. Admettons pour un moment que le phénomène formulé plus haut ait eu lieu, il reste à séparer les deux résidus de la réaction (acétate d'iode et sel marin). Ici les difficultés commencent. Nous pouvons recourir à la distillation dans l'espoir de rencontrer un composé volatil, ou aux dissolvants.

Nous chauffons la cornue où se trouve le mélange à une température supérieure à 100 degrés : vous voyez une réaction brusque et tumultueuse s'établir à un moment donné ; et si l'appareil est disposé, comme celui-ci, pour recueillir à la fois les gaz et les liquides volatils qui peuvent se former, nous trouvons dans nos éprouvettes du gaz carbonique à peu près pur, et dans le récipient un liquide très-volatil que l'expérience nous montre être de l'acétate de méthyle.

Enfin la cornue retient du sel marin et beaucoup d'iode.

L'acétate d'iode, s'il existait au début, a donc subi une décomposition profonde, et l'emploi de la chaleur ne peut servir à l'isoler ; mais la réaction qui vient de se passer sous nos yeux n'en est pas moins instructive. En effet, l'acétate d'iode formé au moment du mélange de l'acétate de soude et de chlorure d'iode, peut fort bien être décomposé à chaud et fournir, en se détruisant, les produits signalés (iode, acide carbonique, acétate de méthyle), le tout d'après l'équation simple



$$2(C^2H^3O - O - I) = I^2 + CO^2 + C^2H^3O - O - CH^3.$$

Ce ne sont encore que des probabilités ; mais dans quelques instants nous allons en avoir une confirmation absolue.

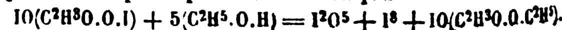
Il n'est pas étonnant de voir apparaître ici un composé méthylique, car le radical acétyle se dédouble, dans beaucoup de circonstances, en oxyde de carbone et en méthyle.

Si, sans quitter la première expérience, nous l'étudions sous une autre face, si nous appliquons les dissolvants, tels que l'eau et l'alcool, à la masse brute résultant de l'action du chlorure d'iode sur l'acétate de sodium, nous verrons intervenir d'autres phénomènes de décomposition qui s'expliquent aussi facilement dans l'hypothèse de la préexistence du composé $(C^2H^3O).O.I$. Avec l'eau, nous trouvons, outre le sel marin, de l'iode libre, de l'acide iodique et de l'acide acétique. On a, en effet :



$$10(C^2H^3O.O.I) + 5H^2O = I^2O^5 + I^8 + 10(C^2H^3O.O.H).$$

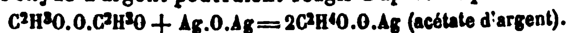
Avec l'alcool absolu, même réaction ; seulement l'acide acétique est remplacé par l'éther acétique :



$$10(C^2H^3O.O.I) + 5(C^2H^5.O.H) = I^2O^5 + I^8 + 10(C^2H^3O.O.C^2H^5).$$

L'éther anhydre agit réellement comme simple dissolvant sur l'acétate d'iode et pourrait servir à l'isoler du sel marin ; mais la purification est rendue néanmoins très-difficile, sinon impossible par la présence d'une certaine quantité d'iode libre. — Du reste, nous arrivons à une méthode beaucoup plus rapide et plus sûre.

Un procédé tout aussi général pour la préparation des sels que la double décomposition, c'est la combinaison directe de l'acide avec la base. Ainsi, par exemple, l'anhydride acétique et l'oxyde d'argent pourraient réagir d'après l'équation



$$C^2H^3O.O.C^2H^3O + Ag.O.Ag = 2C^2H^3O.O.Ag \text{ (acétate d'argent).}$$

A vrai dire, c'est encore là un phénomène de double échange, mais d'un ordre un peu différent. Je remplace, dans l'équation précédente, l'oxyde d'argent par l'acide hypochloreux (Cl.O.Cl) anhydre, découvert par M. Balard, et j'observe avec la plus grande netteté la formation du composé $C^2H^3O.O.Cl$, d'après l'équation



$$C^2H^3O.O.C^2H^3O + Cl.O.Cl = 2(C^2H^3O.O.Cl).$$

Voici la relation d'une expérience très-concluante.

A un poids connu d'acide hypochloreux anhydre liquide, préparé d'après la méthode de MM. Gay-Lussac et Pelouze, et refroidi dans un mélange de glace et de sel, j'ai ajouté une proportion équivalente d'anhydride acétique pur également refroidi d'avance. Les deux liquides se sont mélangés immédiatement, en donnant un liquide rouge de sang, dont la couleur était évidemment due à l'anhydride hypochloreux.

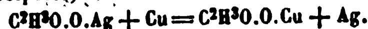
La masse conservée dans le mélange réfrigérant, s'est peu à peu décolorée, sans perte de poids et en conservant une teinte jaunâtre pâle. Pour m'assurer si les affinités de l'acide acétique pour l'oxyde de chlore étaient satisfaites, j'ai ajouté, à une partie du produit ainsi obtenu, un excès d'acide hypochloreux qui lui a communiqué une teinte rouge persistante. En chauffant ensuite à 30 degrés, l'excès d'acide hypochloreux s'est volatilisé et le liquide s'est de nouveau décoloré.

Evidemment, il y a eu combinaison, ou tout au moins réaction entre $C^2H^3O.O.C^2H^3O$ et Cl^2O, et cela dans le rapport des poids moléculaires. Le résidu est liquide, jaune clair, d'une odeur forte et irritante. Chauffé au-dessus de 100 degrés, il détone avec violence, quelquefois avec production de lumière. Dans l'obscurité et dans la glace, il se conserve assez bien; mais à la température ordinaire et sous l'influence de la lumière, il se détruit peu à peu, et quelquefois même il survient une décomposition brusque et spontanée. Dans ce cas, si le flacon n'est pas bouché, on voit un jet de flamme s'élever à une grande hauteur et il ne reste plus rien dans le vase. L'eau le dissout en toutes proportions et le décompose immédiatement en un mélange d'acides acétique et hypochloreux hydratés.

Ces caractères, joints à la composition centésimale qui correspond exactement à la formule $C^2H^3ClO^2$, prouvent déjà suffisamment que l'anhydride hypochloreux s'est combiné, par addition, avec l'anhydride acétique. Les réactions suivantes ne laissent aucun doute sur la constitution du nouveau corps.

Dans un type salin on peut remplacer facilement un métal par un autre plus électro-positif ou plus oxydable.

Ainsi, en plongeant une lame de cuivre dans une solution d'acétate d'argent ou de mercure, l'argent ou le mercure se trouvent précipités, et il se forme de l'acétate de cuivre :



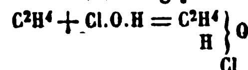
$$C^2H^3O.O.Ag + Cu = C^2H^3O.O.Cu + Ag.$$

Si le composé formé par l'action de l'anhydride hypochloreux sur l'acide acétique anhydre représente le type acétate, dans lequel le métal est remplacé par du chlore, nous devons pouvoir substituer facilement au chlore des éléments plus oxydables, des métaux, par exemple. Or, vous le voyez, dans ces divers tubes contenant de l'*acétate de chlore*, étendu d'acide acétique anhydre pour éviter des explosions dangereuses, j'introduis différents métaux, du mercure, du zinc, du cuivre, du potassium, du sodium : immédiatement et à froid, le chlore se dégage avec effervescence, et il se dépose des cristaux de l'acétate correspondant. S'il se forme un peu de chlorure, ce n'est que comme résultat d'une réaction secondaire. Cette expérience prévue par la théorie n'en est pas moins frappante. Nous voyons le chlore chassé par un métal, même par un métal alcalin, se dégager avec effervescence, absolument comme se dégage l'hydrogène de l'acide acétique hydraté, $C^2H^3O.O.H$, sous l'influence du sodium (1).

Qu'en conclure? si ce n'est que le chlore occupe précisément la place de cet hydrogène ou des métaux du type acétate. Le composé engendré par l'action de l'acide hypochloreux est donc bien de l'*acétate de chlore*. On peut aussi le considérer, si l'on veut, comme un anhydride mixte, acétohypochloreux; mais il est facile de voir que ces deux opinions n'en font qu'une au fond. Pourvu que vous soyez bien convaincus que le chlore remplace ici l'hydrogène typique de l'acide acétique hydraté, que le corps est bien réellement, par l'ensemble de ses caractères, comparable au type acétate, appelez-le acétate de chlore ou anhydride mixte, peu importe : l'esprit reste le même, la lettre seule change, et les disputes de mots deviennent rares depuis que les faits expérimentaux dominent.

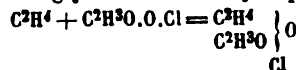
Permettez-moi maintenant, messieurs, d'aborder l'étude de quelques propriétés remarquables de l'acétate de chlore, qui nous conduiront à des faits nouveaux et intéressants. Et d'abord, je vous dirai que la préparation en est très-facile. Il suffit de diriger un courant d'acide hypochloreux gazeux dans de l'acide acétique anhydre, maintenu à la température ordinaire jusqu'au moment où la couleur rouge cesse de disparaître à la longue. En chauffant légèrement, on expulse les dernières traces de gaz hypochloreux. A l'état de pureté et de concentration maximum, il est dangereux à manier; il vaut donc mieux, à moins de nécessité absolue, le conserver en mélange avec un excès (30 à 40 pour 100) d'acide acétique anhydre. Sous cette forme, les explosions ne sont plus à craindre.

M. Carius a montré que l'acide hypochloreux hydraté, Cl.O.H, s'unit par addition directe aux carbures non saturés, tels que l'éthylène, l'amylène, la benzine, etc. Avec l'éthylène, on obtient directement le glycol monochlorhydrique :



$$C^2H^4 + Cl.O.H = \left.\begin{matrix} C^2H^4 \\ H \end{matrix}\right\} O \atop Cl$$

On peut prévoir que l'acétate de chlore fournira par une action semblable du glycol acétochlorhydrique :



$$C^2H^4 + C^2H^3O.O.Cl = \left.\begin{matrix} C^2H^4 \\ C^2H^3O \end{matrix}\right\} O \atop Cl$$

Il en est bien ainsi, et vous pouvez constater que la combinaison est instantanée. En quelques minutes nous obtenons un volume assez notable de ce liquide, dont la préparation est si longue par les méthodes ordinaires. Il m'a suffi de laisser couler goutte à goutte l'acétate de chlore dilué dans un flacon rempli d'éthylène, et d'ajouter de l'eau. Cette méthode, plus rapide que celle de Carius, pourra se généraliser et servir à la production des alcools polyatomiques.

Si le chlore de l'acétate de chlore est mis en liberté par la

(1) Les métaux du sixième groupe, or, platine, palladium, ont une action purement catalytique, et dégagent un mélange de chlore et d'oxygène.

plupart des métaux, avec formation d'un acétate métallique, nous pouvons espérer une réaction analogue avec le brome et l'iode, qui sont, vous le savez, plus oxydables que le chlore. J'ajoute du brome dans le tube qui contient l'acétate de chlore ; il se dégage, en effet, du chlore avec effervescence, et la couleur rouge du brome disparaît en quelques minutes. Évidemment, nous avons formé de l'acétate de brome, liquide incolore, mais très-altérable et que nous ne conserverons pas longtemps.

Avec l'iode, le phénomène est encore plus saillant : l'iode solide disparaît et se dissout instantanément, le chlore se dégage en abondance, et, lorsque tout l'acétate de chlore est détruit, nous voyons se déposer des cristaux brillants et incolores. C'est l'acétate d'iode que nous avions formé au début de cette leçon, sans pouvoir l'isoler à l'état de pureté parfaite.

Ces cristaux, nous pouvons les préparer en grande quantité : il suffit de délayer 15 à 20 grammes d'iode sec et pur dans environ 50 grammes d'anhydride acétique, et de diriger dans le mélange maintenu à la température ordinaire un courant de gaz hypochloreux. L'expérience sera terminée lorsque le chlore cessera de se dégager avec effervescence, que le liquide sera entièrement décoloré et rempli d'une masse de petits cristaux grenus, incolores et très-sensibles à la lumière (1).

L'eau mère acétique est décantée ; on ajoute de l'acide acétique anhydre frais, et l'on chauffe à 60 degrés environ au bain-marie. Les cristaux se dissolvent, et par le refroidissement du liquide clair, on voit se déposer de magnifiques prismes, volumineux, incolores et brillants, à faces rhomboïdales. Le nouveau corps est très-sensible à la lumière, qui le colore instantanément en brun. Cette coloration paraît due à la mise en liberté d'une couche superficielle d'iode.

L'humidité de l'air et l'eau le décomposent immédiatement ; de l'iode est mis en liberté, et la solution retient de l'acide iodique et de l'acide acétique.

L'alcool agit de même, mais en donnant de l'acétate d'éthyle. — L'éther anhydre et la benzine le dissolvent à chaud, et l'abandonnent en cristaux par refroidissement.

Vers 140 degrés, il se décompose brusquement, presque avec explosion. Les produits de la transformation sont : l'acide carbonique, l'iode et l'acétate de méthyle. Ces réactions concordent donc en tout point avec celles que nous avons signalées à propos du mélange de chlorure d'iode et d'acétate de soude. Avec leur mode de formation bien net, nous avons tout lieu de croire que ces cristaux si purs et si bien définis représentent l'acétate d'iode $C^2H^3O.O.I$ formé d'après l'équation



$$C^2H^3O.O.Cl + I = C^2H^3O.O.I + Cl.$$

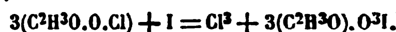
Ajoutons encore, comme preuve à l'appui de cette opinion, que les métaux, tels que le cuivre, le décomposent avec production d'acétate de cuivre et d'iodure cuivreux.

Le zinc-éthyle l'attaque énergiquement, et donne de l'acétate de zinc, de l'acétate d'éthyle et de l'iodure d'éthyle.

Reste l'analyse élémentaire.

Malgré mon attente et toutes les présomptions, elle n'a pas justifié la formule simple $C^2H^3O.O.I$. Faite un grand nombre de fois, avec des produits très-purs et de diverses origines, elle a constamment fourni des résultats conduisant à la formule $C^6H^9O^6I$.

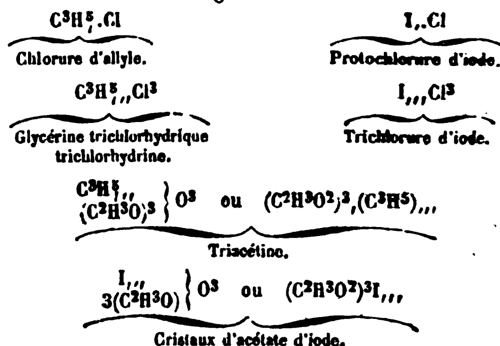
J'ai en outre pu constater que dans l'action de l'iode sur l'acétate de chlore, pour 3 atomes de chlore dégagés, un seul atome d'iode entrait en activité. La réaction doit donc se formuler :



$$3(C^2H^3O.O.Cl) + I = Cl^3 + 3(C^2H^3O).O^3I.$$

On ne peut se rendre compte de la constitution de ce corps qu'en supposant que l'iode fonctionne comme élément triatomique reliant 3 atomes d'oxacétyle, $I_{'''}(C^2H^3O^2)^3$.

Ce fait n'est, du reste, pas isolé ; n'avons-nous pas le trichlorure d'iode, $I_{'''}Cl^3$, qui affirme également le rôle triatomique que l'iode peut jouer dans certains cas. Il est à remarquer que la tendance triatomique de l'iode ne se révèle que tant qu'il intervient comme élément électro-positif. On ne connaît, en effet, aucun iodure métallique de la forme I^3M'. En raison de la complication moléculaire de ce corps, auquel j'avais d'abord donné le nom d'*acétate d'iode*, il convient mieux d'adopter une nomenclature qui le rapprocherait des éthers des alcools polyatomiques, tels que la glycérine ; cette comparaison est d'autant plus juste, que le radical C^3H^5 *de la* glycérine est comme l'iode, tantôt monoatomique dans le groupe allylique, tantôt triatomique dans le groupe glycérique. Nous pouvons dresser le tableau suivant qui met pleinement en lumière ces analogies :



$C^3H^5_{'}.Cl$ — Chlorure d'allyle.	$I_{'}.Cl$ — Protochlorure d'iode.
$C^3H^5_{'''}Cl^3$ — Glycérine trichlorhydrique trichlorhydrine.	$I_{'''}Cl^3$ — Trichlorure d'iode.

$$\left.\begin{matrix} C^3H^5_{'''} \\ (C^2H^3O)^3 \end{matrix}\right\} O^3 \text{ ou } (C^2H^3O^2)^3, (C^3H^5)_{'''}$$

Triacétine.

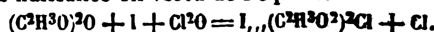
$$\left.\begin{matrix} I_{'''} \\ 3(C^2H^3O) \end{matrix}\right\} O^3 \text{ ou } (C^2H^3O^2)^3 I_{'''}$$

Cristaux d'acétate d'iode.

Je propose donc d'appeler le nouveau corps *iodoltriacétique*, $I_{'''}Cl^3$ serait l'iodoltrichlorhydrique. D'après cela, la théorie permet de prévoir l'existence de deux composés intermédiaires : l'un, $I_{'''}(C^2H^3O^2)^2Cl$, iodoldiacétochlorhydrique, correspondant à la diacétochlorhydrine ; l'autre, $I_{'''}(C^2H^3O^2)Cl^2$, iodolacétodichlorhydrique, serait l'analogue de l'acétodichlorhydrine. C'est, en effet, ce que l'expérience confirme, en partie du moins.

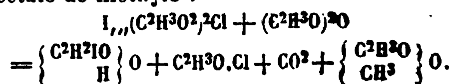
Rappelons-nous les cristaux en aiguilles dont la formation précède celle de l'iodoltriacétique ; malgré leur instabilité, la rapidité avec laquelle ils se décomposent spontanément et sous l'influence de l'humidité, j'ai pu, après de longs efforts, réussir à les analyser. Leur composition est précisément celle de l'iodoldiacétochlorhydrique, $I_{'''}(C^2H^3O^2)^2Cl$.

Il a pris naissance en vertu de l'équation



$$(C^2H^3O)^2O + I + Cl^2O = I_{'''}(C^2H^3O^2)^2Cl + Cl.$$

Chauffé vers 100 degrés, en présence de l'anhydride acétique, il se décompose brusquement, en donnant du chlorure d'acétyle, de l'acide monoiodacétique, de l'acide carbonique et de l'acétate de méthyle :



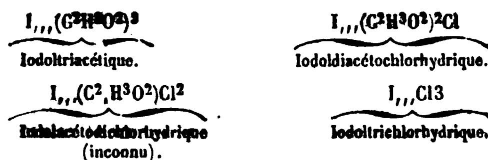
$$I_{'''}(C^2H^3O^2)^2Cl + (C^2H^3O)^2O = \left.\begin{matrix} C^2H^2IO \\ H \end{matrix}\right\} O + C^2H^3O.Cl + CO^2 + \left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ CH^3 \end{matrix}\right\} O.$$

(1) La formation des cristaux grenus est précédée de celle de cristaux jaunes en belles et longues aiguilles, qui apparaissent lorsque la liqueur a pris une teinte jaune pâle. Ces aiguilles, dont nous reparlerons tout à l'heure, disparaissent à leur tour sous l'influence d'un courant prolongé d'acide hypochloreux, et sont remplacées par les cristaux grenus, en même temps il se dégage beaucoup de chlore.

acétique, d'acide chlorhydrique, d'acide iodique et de chlorure ou d'oxychlorure d'iode.

Quant au terme $I_{,,}(C^2H^3O^2)Cl^2$, il fait défaut.

En résumé, nous avons donc la série suivante :

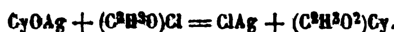


$I_{,,}(C^2H^3O^2)^3$	$I_{,,}(C^2H^3O^2)^2Cl$
Iodoltriacétique.	Iodoldiacétochlorhydrique.
$I_{,,}(C^2H^3O^2)Cl^2$	$I_{,,}Cl^3$
Iodolacétodichlorhydrique (inconnu).	Iodoltrichlorhydrique.

qui démontre nettement la fonction triatomique de l'iode.

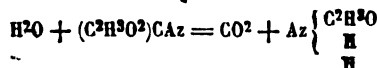
Inutile de dire que l'iodoltriacétique, malgré la complication inattendue de sa molécule, se rattache au type acétate (au type acétate tricondensé), dans lequel l'iode occupe la place du métal (1 atome d'iode pour 3 atomes de métal).

Le cyanogène, radical composé électro-négatif et comparable au chlore, peut-il donner un dérivé analogue à l'acétate de chlore? — J'ai obtenu l'acétate de cyanogène $(C^2H^3O^2)Cy$ ou $(C^2H^3O^2)CAz$ en distillant le produit de l'action du chlorure d'acétyle sur le cyanate d'argent sec :



$$CyOAg + (C^2H^3O)Cl = ClAg + (C^2H^3O^2)Cy.$$

C'est un liquide incolore, mobile, d'une odeur forte et irritante. Il se décompose instantanément au contact de l'eau, en donnant de l'acide carbonique et de l'acétamide :



$$H^2O + (C^2H^3O^2)CAz = CO^2 + Az\left\{\begin{matrix} C^2H^3O \\ H \\ H \end{matrix}\right.$$

La chaleur le dédouble en acide carbonique et cyanure de méthyle (acétonitrite) :



$$(C^2H^3O^2)CAz = CO^2 + CAz.CH^3.$$

Ce sont là ses caractères les plus tranchés.

Vous le voyez donc, messieurs, l'idée fondamentale qui m'a guidé à entreprendre ces recherches se trouve pleinement vérifiée par l'expérience, au moins pour un type salin, le type acétate. J'ai voulu construire des corps qui seraient de véritables sels dans lesquels le chlore, le brome, l'iode, le cyanogène, tiendraient la place du sodium, du fer, du cuivre, etc., et vous venez d'assister à la synthèse de l'acétate de chlore; des acétates de brome, d'iode, de cyanogène. Rien ne paraît plus simple que d'étendre ces données à d'autres groupes ; mais vous comprendrez facilement qu'on touche immédiatement à des difficultés pratiques, nées de la grande instabilité de tous ces produits formés, si je puis m'exprimer ainsi, à l'encontre des affinités normales et classiques. Un corps peut être virtuellement possible, et cependant les conditions nécessaires à sa formation rendent quelquefois sa synthèse impraticable.

Ainsi, pour faire du benzoate de chlore, je n'ai qu'à réunir l'anhydride hypochloreux et l'anhydride benzoïque. Malheureusement à froid, la réaction est nulle, et si je chauffe, l'acide hypochloreux va faire explosion; et cependant il est possible, il est probable même que le benzoate de chlore existe. Sans benzoate de chlore, je ne pourrais pas préparer les benzoates de brome ou d'iode ; il résulte de là, que toutes ces expériences qui ont si bien réussi avec l'anhydride acétique, ne sont pas sujettes à recevoir le degré de généralité désirable.

Cependant, en remplaçant l'acide acétique anhydre par l'anhydride butyrique, j'ai obtenu nettement les butyrates de chlore, de brome et l'iodoltributyrique.

Il est donc bien prouvé, et c'est là le but de cette leçon, que tifs, simples ou composés, tels que le chlore, le brome, l'iode, le cyanogène, est mise hors de doute. Ces expériences prêtent, je le crois, un puissant appui aux idées de types, tels que les entendait Gerhardt, ainsi qu'à la théorie de l'atomicité des éléments.

Dans cette rapide esquisse, j'ai omis bien des faits secondaires, quoique souvent importants, observés en passant, mais dont le développement aurait pu nuire à l'unité du but que je me proposais dans cette leçon. Je serais heureux si les phénomènes que je viens d'exposer et les expériences les plus saillantes apportées à leur appui ont pu éveiller votre intérêt et captiver votre curiosité.

P. Schutzenberger.

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS

SESSION DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN.

M. SCHAAFHAUSEN.

Les questions anthropologiques de notre temps.

Ce n'est point une tâche facile que de venir, après les belles et éloquentes paroles que vous avez entendues sur les progrès et sur l'esprit des sciences naturelles à notre époque, réclamer encore votre attention en faveur de la branche spéciale d'études qui m'occupe en ce moment. Je me sens encouragé en songeant que je vais vous entretenir du plus noble objet que puisse se proposer la science, c'est-à-dire de l'homme. Ce n'est point à dessein que, dans presque tous les discours qui ont été prononcés dans cette salle, on a plaidé en faveur d'un nouveau point de vue scientifique et proclamé l'unité de la nature. Vous remarquerez bientôt que mon rapport sur les investigations anthropologiques s'inspire du même motif, seulement avec une nouvelle variation. Il y a quelques jours, on vous disait, à cette même place, qu'il n'existe plus de ligne de démarcation entre la physique et la physiologie, entre la nature inorganique et la nature organique. Nous savons aussi que rien ne sépare plus l'animal et la plante. Ajoutons aujourd'hui que le mur de séparation est tombé entre le monde primitif et le monde actuel, entre l'homme et l'animal.

Il est des sciences dont les limites ont été, dès le principe, rigoureusement tracées et dont l'objet est pour tout le monde si bien déterminé, si compréhensible, que jamais personne n'a songé à contester leurs droits, à les troubler dans leurs travaux, à leur disputer leur domaine. Ce n'est que récemment que celles qui se rattachent à l'étude de l'homme ont été réunies sous le nouveau nom d'anthropologie. Jadis c'étaient les philosophes qui observaient le côté intellectuel de la nature humaine; c'étaient les médecins qui analysaient le corps, qui le divisaient en ses parties et cherchaient à approfondir les phénomènes de la vie. La recherche philosophique ne tarda pas à trouver son point d'arrêt, et, dans toute sa période ultérieure, elle n'a fait aucun progrès important au delà de ce que les plus grands penseurs de l'antiquité avaient scruté et enseigné. En revanche, c'est de la science médicale et, en dernier lieu, de l'anatomie et de la physiologie, qu'est sortie insensiblement toute la science

naturelle de notre temps. Toutefois, jusque dans ce siècle, la vie animale resta l'objet principal de cette étude ; de jour en jour la direction qui lui était imprimée semblait l'éloigner de l'homme, et cela s'explique en partie par la nouvelle méthode, la méthode expérimentale. On fut conduit à supposer que le corps humain possède une vie animale, et que les expériences faites sur les animaux s'appliqueraient également à l'homme. Le médecin, au lit du malade, a reconnu la justesse de cette hypothèse.

Quant aux caractères essentiels qui distinguent l'homme de l'animal et constituent sa supériorité sur ce dernier, quant à ses rapports avec tout le reste de la nature, la physiologie moderne ne s'est point préoccupée de tout cela, si ce n'est incidemment. Où est le physiologiste de l'école moderne qui se soit sérieusement voué à l'étude de l'homme considéré dans son ensemble, c'est-à-dire avec sa nature corporelle et intellectuelle tout à la fois? En est-il un seul qui ait apporté dans cette recherche autant de zèle, obtenu autant de succès que nous pouvons en constater quand il s'agit de la sécrétion des reins, des mouvements du cœur, de la respiration, de la force musculaire, des fonctions des sens? Il ne s'ensuit pas pour cela que la science mérite des reproches : ses étapes lui étaient irrévocablement prescrites dans la voie du progrès, et il lui fallait attendre que le moment se présentât de lui-même, pour réparer les négligences du passé. Nous avons maintenant l'avantage d'être munis de meilleurs instruments dans l'accomplissement de cette œuvre difficile. Les phénomènes matériels de la vie avaient exclusivement préoccupé plusieurs savants : ils n'attribuèrent d'existence réelle qu'à la matière, et, dans l'âme, ne virent plus un être, une substance particulière. C'est le matérialisme qui pose ce principe.

Il y a là une erreur qu'une observation complète de l'homme, embrassant à la fois sa nature corporelle et sa nature intellectuelle, devait bientôt mettre en lumière. En présence de la connexion nécessaire des effets matériels et intellectuels, on se croyait autorisé à dire que ces derniers ne sont que les fonctions d'organes corporels, dans le même sens, par exemple, que la sécrétion de l'urine est la fonction des reins. Mais la conscience des faits organiques est au contraire un fait qui n'a point son pareil, son correspondant dans toute la vie du corps. Or, les résultats importants de cette observation de l'homme dans toute son étendue, résultats que la science ne se laissera plus jamais ravir, qui doivent désormais servir de fondements à toutes les recherches, et demeurer pour nous un guide sûr dans nos explorations à travers les domaines encore obscurs de la science, ces résultats ne sauraient se résumer dans cette seule proposition :

« Il n'y a point d'activité intellectuelle qui ne soit fondée sur la matière. L'organe, avec ses effets, ses fonctions corporelles, apparaît comme le siége nécessaire, comme la condition des phénomènes intellectuels. »

La meilleure manière de constater l'importance d'une science, c'est de se demander ce qu'elle a produit. C'est ainsi qu'on pourra juger si notre science de l'anthropologie, qui, en définitive, a rendu à l'homme toute sa dignité, n'est, en réalité, comme le prétendent quelques-uns, qu'une occupation de dilettanti, une série de lieux communs, un théâtre de carrefour sur laquelle on s'est plu à rassembler, pour amuser le public, toutes sortes de curiosités empruntées à la nature humaine, ou si c'est une science qui a le droit de disputer la prééminence à toute autre et se rattache aux plus sublimes intérêts de l'humanité. Sans doute, l'anthropologie s'appuie aussi sur des données empruntées aux autres sciences qui s'occupent de l'homme ; et quelle est celle qui ne s'en occupe point? Mais il arrive fréquemment qu'un fait n'est placé dans tout son jour et apprécié comme il le mérite qu'autant qu'on le compare avec d'autres, qu'on le complète, qu'on l'explique par d'autres. La nature humaine est précisément ce miroir vers lequel convergent tous les rayons de notre savoir, et qui, en les rassemblant, en forme un tableau harmonieux. Tandis que sur tout autre terrain scientifique on accepte tranquillement les résultats que fournit l'observation de la nature, en se réservant tout au plus de contrôler les prémisses de certaines conclusions, le jugement public se conduit bien autrement en ce qui concerne les études anthropologiques. Comme elles ont l'homme pour objet, chacun se dit que, puisqu'il est lui-même un homme, il a bien aussi le droit de placer son mot : il importe peu qu'il possède ou non les connaissances indispensables pour résoudre de difficiles problèmes. Il suffit à la plupart d'être au courant des idées reçues sur la nature humaine, de savoir en quoi l'homme diffère de l'animal, de connaître les caractères généraux de la raison humaine, pour exiger que toute nouvelle étude soit en parfait accord avec ces notions élémentaires puisées sur les bancs de l'école. Cela nous rappelle ce que disait Lichtenberg : « Ce sont précisément les choses sur lesquelles tout le monde croit être d'accord qui auraient le plus besoin d'être minutieusement examinées.

Enfin nous voyons, dans presque tous les pays, cultiver et encourager avec ardeur une science naguère très-négligée. Partout surgissent des sociétés anthropologiques, de grandes et précieuses collections se fondent; il naît une littérature déjà riche, quoique datant de peu d'années, et qui atteste l'activité déployée sur ce terrain.

Ici se présente une question. Quelle peut être la cause de la nouvelle et vive impulsion donnée à ces sortes d'études? Tout d'abord le nouveau point de vue auquel s'est placée la géologie dans l'histoire de notre globe. Ce ne sont point de violentes catastrophes, des révolutions générales, des cataclysmes universels détruisant tout ce qui existait, et nécessitant, à nouvelles reprises, de nouvelles créations qui ont transformé la surface de la terre. Les changements qui se sont manifestés dans certains moments de l'évolution terrestre ont été produits à de très-longs intervalles de temps par des forces encore actives dans la nature. De même, une étude plus attentive des plantes et des animaux des âges primitifs a montré qu'ils ne différaient pas assez de ceux qui vivent aujourd'hui, pour ne pas admettre qu'au moins quelques-uns d'entre eux se sont perpétués jusqu'à nos jours. En outre, on ne croit plus, comme autrefois, que la création actuelle s'est seule distinguée par le suprême développement de la vie animale, par la présence du singe et de l'homme, dont on ne trouvait nulle trace aux époques primordiales. On a en effet découvert, non-seulement des os fossiles de singes remontant jusqu'à l'époque tertiaire la plus reculée, mais encore des ossements humains parmi des os d'animaux dont l'espèce a disparu, et cela dans des circonstances qui prouvaient que les uns et les autres appartenaient au même temps. L'étude de la vie organique tout entière a donc tiré de la théorie du développement progressif un immense avantage; au lieu de se contenter de connaître les animaux et les plantes tels qu'ils se présentent à nous, on chercha, en outre, à sonder leur ori-

bles rapports qui unissent l'individu à son espèce entière, puis à toute la chaîne des organismes. On remarqua que l'organisme supérieur obéit encore à présent, avant d'avoir atteint son parfait développement, à une suite de transformations correspondantes aux divers degrés où d'autres êtres, les animaux inférieurs, sont demeurés stationnaires. L'esprit du savant comprit dès lors toujours plus clairement que cet organisme devait aussi, à un certain moment de la création, être né d'un type plus imparfait. Puis, lorsqu'on eut reconnu que la division des plantes et des animaux en espèces particulières n'impliquait point des caractères aussi immuables qu'on l'admettait auparavant, et que la notion de l'espèce ne correspond à rien de réel dans la nature, mais indique une forme type, une moyenne s'appliquant à beaucoup d'individus; dès lors il ne fut plus possible de nier que non-seulement les espèces comprennent une foule de variétés, mais qu'elles donnent naissance, par une transformation lente, à de nouvelles espèces. La création organique représente une série non interrompue de types d'êtres vivants s'engendrant successivement les uns les autres; et ce qui vient encore à l'appui de cette assertion, c'est la découverte de types intermédiaires appartenant en partie au monde actuel, mais se rattachant plus souvent aux vestiges du monde primitif, et qui viennent combler déjà bien des lacunes dans la chaîne des organismes. Il y a plus, l'abîme qui sépare l'homme de l'animal nous apparaît moins profond depuis que nous connaissons des singes d'un ordre plus élevé en Afrique, le gorille et le chimpanzé, plus rapprochés de l'homme que l'orang-outan de l'Asie, le seul connu auparavant. Cet abîme se comble de plus en plus depuis que, d'un autre côté, la conformation des races inférieures, et, ce qui est très-significatif, celle même de l'homme fossile, a permis de constater des caractères qu'il faut, sans contredit, considérer comme tenant de très-près à la nature animale. Quand on jette un coup d'œil sur les faits qui nous parviennent de tous côtés et qui sont essentiels à la connaissance de l'homme, on n'en peut plus douter : le temps des idées reçues est passé, et nous entrons dans une nouvelle ère de l'observation de la nature. Nous voyons clairement aujourd'hui la route à suivre pour répondre à une foule de questions obscures, demeurées à l'état d'énigmes pour les plus grands penseurs de l'antiquité et des temps postérieurs, sur lesquelles on avait enseigné tant d'erreurs; questions qui semblent surpasser toutes les bornes de l'expérience et de la science humaine, et que beaucoup n'avaient même pas eu le courage de poser.

Que l'homme occupe le premier rang dans l'ordre de la création, c'est ce qu'on a reconnu de tout temps, et nulle science n'est plus en état de consacrer cette vérité que celle qui a pris pour sujet spécial de ses recherches la nature humaine. Mais comment l'homme est-il parvenu à cette place sublime, à ces hauteurs où nous l'apercevons? C'est ce que jusqu'à présent on a entièrement négligé de chercher; car on se le figurait créé avec sa forme élevée, tel qu'il existe maintenant, ou, mieux encore, sorti de toutes pièces de la main divine. Mais des investigations exemptes de préjugés devaient bientôt montrer que l'humanité, loin d'être à son terme à l'heure qu'il est, se trouve encore et toujours entraînée dans un mouvement de progression constante. Jamais l'homme n'a été si puissant en face de la nature; ne devons-nous pas l'attribuer à la ... qui est devant nous, à l'ignorance et à la rudesse qui ont produit cet état de culture et qui ont dû être d'autant plus grandes que nous remontons plus loin dans le passé. La science de la nature a refait après coup l'histoire de l'homme jusque dans un temps bien antérieur à tous les monuments historiques. Elle a reculé l'âge de notre race jusqu'à ces époques primitives où l'Européen combattait les animaux de la période diluvienne, et non-seulement mangeait la chair du mammouth et du rhinocéros, ou dévorait la moelle de leurs os, mais encore s'attaquait, comme les cannibales, à la chair de ses semblables; où il faisait paître ses troupeaux de rennes entre les glaciers de nos contrées, ou vivait sur les pilotis de nos lacs, ou bien entassait des monceaux de coquillages, débris de ses repas, sur les côtes des mers septentrionales. Avant les métaux, il employa comme instruments des os et des pierres; celles-ci taillées très-grossièrement jusqu'à ce qu'il eût appris à les aiguiser. Mais il est sûr que l'homme s'est auparavant servi de pierres non travaillées, à l'état brut; et, sous ce rapport, il était sur la même ligne que le singe. Car il est complétement erroné d'admettre, comme on le lit dans nombre d'écrits, que l'homme se distingue essentiellement de l'animal, par cela seul qu'il fait usage d'un outil. Nous savons, par des rapports certains, que le singe ouvre des noix avec des pierres, et qu'il sait introduire un caillou entre les écailles de l'huître qui bâille, pour s'en emparer.

Mais toutes ces questions sur la nature ou l'histoire de la race humaine rentrent au second plan auprès de celle-ci : Comment l'homme a-t-il dû naître? Autrefois on se demandait fréquemment si la race humaine actuelle descend d'un seul couple ou de plusieurs, et cette question donnait lieu à de vives discussions. Elle a perdu de son importance aujourd'hui. Si l'on admet une métamorphose, une transformation des états successifs de la vie, rien ne s'oppose à la possibilité d'une procréation de tous les hommes par un seul couple. Car l'anthropologie ne peut donner la preuve du contraire. Mais, d'un autre côté, elle ne peut affirmer que la possibilité d'un premier couple; il lui faut même avouer que, dans l'état présent de nos connaissances, cette descendance d'un couple unique n'est pas devenue plus vraisemblable; car les plus anciennes traces de l'homme découvertes dans ces derniers temps révèlent déjà des différences si profondes d'avec le type de la race, que ces mêmes différences indiquent bien plutôt une origine multiple. A l'appui de cette opinion viennent encore certaines ressemblances des singes de l'Asie et de l'Afrique avec les diverses races d'hommes qui peuplent ces deux contrées. Il est impossible de se prononcer d'une manière définitive sur cette question, attendu que nous possédons sur ce sujet un trop petit nombre d'observations. Mais si la science ne peut dire où et de combien de couples est né l'homme, pourtant il est hors de doute que la grande loi de toute la nature, celle du développement, trouve encore son application quand il s'agit de l'homme, et que c'est en lui qu'elle a trouvé en quelque sorte sa sanction et atteint sa fin. Or, la découverte de la véritable origine de l'homme est si féconde pour toutes les études qui le concernent, qu'un jour viendra où ce résultat de la science sera peut-être regardé comme le plus grand qu'il ait été donné à l'esprit humain d'atteindre! La science moderne ne s'appuie pas sur un fait unique pour démontrer que l'homme, sorti d'un état

rudimentaire, s'est graduellement développé; ce qui vient confirmer son dire, ce sont tous les faits sans exception qu'on peut consulter : le rapprochement du monde primitif avec le monde actuel; la tendance de tous les organismes à s'élever à un degré supérieur par la génération continue des espèces; les conditions originaires de l'homme; l'anatomie des races inférieures, celle de l'homme fossile, celle des singes supérieurs; la formation du fœtus humain; l'histoire du langage (1), les progrès de notre savoir et de toute la civilisation.

Mais, en supposant que tous les faits invoqués ici ne fussent pas connus, il resterait une observation qui seule suffit à prouver que l'homme est sorti d'un état inférieur, et il faut s'étonner qu'on ne l'ait pas prise plus tôt en considération dans ce but. Cette observation peut se résumer en cette phrase: L'homme n'est pas un fils de la nature; il est le fils de l'éducation. Si nous abandonnions à la seule nature un enfant en l'isolant absolument des influences de l'éducation et de l'instruction, cette créature étiolée ne deviendrait pas un homme semblable à nous. Sans doute, ses traits porteraient encore l'empreinte de la nature humaine; mais ce serait son seul héritage, et cet être muet n'acquerrait du monde et de sa propre existence qu'une notion vague, semblable à un songe. Les plus nobles germes enfouis dans le fond intime de son être et susceptibles de croître, de se développer au moyen de l'éducation, périraient faute de culture. Il en est bien autrement des animaux. Ceux-ci tiennent de la nature, en venant au monde, tout ce qui doit se développer en eux. Si nous séparons un animal de ses semblables, un cheval, un chien, un oiseau, il se développera pourtant conformément à son espèce : le cheval hennira, le chien aboiera, l'oiseau gazouillera ou chantera; mais l'enfant ne parlera jamais la langue de ses parents. Ainsi le langage, cette condition d'un développement intellectuel plus élevé, est le fruit de l'éducation chez l'homme; il ne l'a point reçu de la nature. Celle-ci ne lui a donné que la faculté de produire des sons; mais la langue est sa propre invention, un art que tout enfant doit apprendre dès le commencement. On ne peut nier, il est vrai, que les animaux aussi instruisent leurs petits jusqu'à un certain point, mais cette éducation n'est pas essentielle; chez l'homme, elle est tout. Il est donc la seule créature qui ne soit point créée d'emblée, dans l'état où nous la voyons, par la nature. N'est-ce pas là une marque certaine de son origine imparfaite?

De tout temps on a regardé comme un sûr moyen de connaître la nature humaine, la comparaison de l'homme avec l'animal. On fut étonné, lorsqu'on se mit à disséquer le corps humain, de le trouver aussi semblable à celui du singe, dont l'anatomie avait dû suppléer à celle de l'homme tant que la dissection des cadavres humains n'était pas permise. Il était impossible de méconnaître cette identité au point de vue corporel; mais on trouva une consolation à dire: « Oui, corporellement, l'animal se rapproche de l'homme; la différence est ailleurs, elle est dans l'esprit! L'homme est raisonnable, l'animal ne l'est pas! » Déjà Bossuet (2) et Buffon s'exprimèrent dans ce sens, et cette manière de voir est encore très-répandue, même parmi les savants. Elle subsiste, lorsqu'à la place de la raison on met, comme le font quelques-uns, la faculté de se perfectionner, ou le sens religieux, comme étant le signe spécifique de l'esprit humain.

Or, toutes les recherches modernes sur la nature de l'âme animale ont montré qu'il faut placer les animaux plus haut qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour; ils accomplissent avec réflexion bien des actes qu'on attribuait précédemment à un instinct aveugle: on peut constater chez eux un trait correspondant à chaque mouvement, à chaque acte de l'âme humaine, trait peu développé sans doute et qui marque la présence de facultés encore à l'état naissant. La science doit nous tenir en garde contre une erreur qui consisterait à placer l'animal au-dessus de l'homme pour certaines fonctions de l'âme, car l'animal reste toujours borné à son cercle étroit; et non moins contre cette autre erreur que la distance entre l'homme le plus grossier et l'homme le plus cultivé est plus grande que celle qui sépare l'homme le plus bas de l'animal le plus élevé. Huxley a exprimé la même opinion en parlant du cerveau de l'homme et de celui du singe, et il a cherché à l'appuyer de chiffres; mais ces chiffres ne représentent point les véritables moyennes qu'il faudrait consulter sur cette question. Sans nul doute notre étude plus approfondie de l'âme animale a rapproché les distances entre l'activité de cette âme et celle de l'esprit humain. Ce qui les rapproche encore, c'est que la faculté de se développer par l'éducation n'est nullement aussi générale qu'on le pensait chez les sauvages les plus grossiers et que, de l'aveu d'hommes très-intelligents et très-dignes de foi parmi les missionnaires, plusieurs de ces peuplades sauvages, par exemple les indigènes de la terre de Van-Diemen, ne sauraient être accessibles aux idées élevées de la religion.

La majorité des savants demeure encore aujourd'hui convaincue que l'âme humaine diffère de celle des animaux non-seulement par l'étendue de ses facultés, mais encore dans l'essence même de sa nature, non-seulement en *quantité*, mais encore en qualité. Mais que savons-nous donc *de l'essence* des choses? Ce mot de différence qualitative ne dit rien du tout. On est très-prodigue de ce mot par lequel on a coutume de désigner toute différence un peu profonde. Mais dire que deux choses diffèrent dans leur espèce et dans leur origine, c'est faire une simple supposition, tant que cette différence n'est pas démontrée par l'observation. Et quand les faits viennent la contredire, comment justifier une telle supposition? La qualité, l'essence n'est point pour le savant naturaliste une conception scientifique, mais désigne plutôt ce que l'on ne conçoit pas encore; cela revient à dire que la connaissance des causes qui font les différences nous manque encore. La science a déjà dans plusieurs cas ramené des différences soi-disant qualitatives à de pures valeurs quantitatives. Est-ce que les couleurs, par exemple, le bleu, le rouge, le jaune, ne semblent pas différer par leurs qualités intrinsèques? Cependant la physique nous a appris que ces différences reposent simplement sur des rapports de quantité, sur la rapidité plus ou moins grande des ondulations de la lumière. Si l'on n'avait jamais su par l'expérience que de la graine ensemencée naît une plante, que du gland sort un arbre, ne regarderait-on pas ces deux corps comme essentiellement différents, et le développement de l'un par l'autre comme une impossibilité? Et comment s'accomplit cette métamorphose? Par la croissance et la multiplication des

(1) M. Schleicher a montré, dans une belle conférence publiée en brochure, l'utilité de l'histoire du langage pour l'étude de l'homme, l'application de la linguistique à l'anthropologie (1865). (*Note du traducteur*.)

(2) Après Descartes. (*Note du trad.*)

cellules végétales. Elle se produit dans un court espace de temps, tandis que le développement de l'homme, au point de vue corporel et intellectuel, est l'œuvre de longues périodes qu'on n'a pas encore mesurées. En dépit de toutes les recherches, il n'est resté entre les organes corporels de l'homme et ceux du singe qu'une différence purement quantitative, à savoir, la dimension du cerveau ; et il en résulte qu'il ne peut y avoir non plus une autre espèce de différence pour l'âme.

Mais il est même complétement impossible que l'homme et l'animal se distinguent l'un de l'autre au point de vue intellectuel dans une proportion plus grande qu'au point de vue corporel, car la fonction intellectuelle ne peut être séparée de son siége organique: toutes deux sont en rapport direct ; toutes deux se modifient en même temps en ligne descendante ou ascendante sur l'échelle des êtres animés. La doctrine opposée, de tout temps accueillie avec succès, mais pourtant fausse, a sa source dans ce fait que l'homme sent d'autant mieux sa supériorité intellectuelle sur l'animal, que celle-ci se révèle immédiatement à l'observation la plus vulgaire, tandis que les différences corporelles portant sur les organes les plus intimes, tout en étant aussi grandes, sont moins palpables et ne peuvent être appréciées que par la science. Il nous faut donc établir ce principe : L'homme doit être distinct de l'animal par le corps, dans la même proportion qu'il en est distinct intellectuellement ; et si les différences corporelles ne se manifestent point comme essentielles, mais marquent seulement divers degrés du développement organique, il en doit être de même des différences intellectuelles.

Combien on est peu fondé à s'appuyer sur cette phrase très-usitée : « L'homme est doué de raison, et l'animal ne l'est pas », pour élever une muraille de séparation infranchissable entre l'homme et l'animal ; c'est ce qui peut encore se démontrer d'une autre manière. Comment prétendre en effet que la raison est un signe de supériorité accordé dans une égale mesure à tous les hommes en général, quand il faut reconnaître entre les hommes en particulier, ou les races humaines considérées comme individus, divers degrés de la raison ? Chacun possède la raison en tant seulement qu'il est cultivé. Où est la raison humaine, lorsque le cannibale assomme son ennemi, et se repaît avec délices du sang encore chaud qui coule de son crâne ? Et si l'on voulait avancer que ce n'est point la raison elle-même, mais seulement la disposition naturelle de la raison qui est le partage de l'homme en général, l'expérience dément également cette assertion ; car ce qui nous rend capables de raison, c'est uniquement cette activité plus étendue des sens et de toutes les facultés intellectuelles en vertu de laquelle nous sommes réellement supérieurs à l'animal, mais qui est très-inégalement partagée entre les hommes. Ce que nous nommons raison ne nous apparaît-il point comme une règle d'après laquelle nous devons agir, comme un but parfait auquel nous aspirons ? Combien le monde offrirait un autre aspect, si partout la raison venait à être reconnue, si l'empire de la raison se réalisait ! Et qu'est-ce qui réagit contre nos aspirations vers la raison ? C'est la rudesse, la sensualité, la passion, l'ignorance de la nature humaine ; c'est, pour employer le mot du moraliste, l'animal dans l'homme que nous devons chercher à tuer !

Il n'y a pas longtemps, un écrit qui doit sa naissance à la nouvelle direction de nos méditations sur la nature, mais qui ne l'a pas provoquée, comme quelques-uns le croient, je veux dire le livre de Darwin *Sur l'origine des espèces*, a été l'occasion d'un grand mouvement scientifique. On a commencé à soumettre avec une émulation et une universalité d'efforts sans exemple la nature humaine à une observation nouvelle, en prenant comme point de départ l'idée du progrès de toute vie, telle qu'elle est développée dans cet ouvrage. Bien des gens qui ne sont pas initiés à l'histoire des études anthropologiques s'imaginent que Darwin a le premier scientifiquement confirmé l'opinion de l'origine naturelle de l'homme, tandis qu'il se proposait seulement de montrer que plantes et animaux sortis de quelques formes primitives, fondamentales, sont parvenus à une plus grande variété, à un état supérieur de leur développement, à leur achèvement normal, par une élaboration incessante et par une tendance naturelle à développer leurs propriétés conformément à la loi de la conservation et de l'éducation. Ce que Darwin n'a point fait, ce qu'il a éludé à dessein, ou du moins seulement indiqué, c'est-à-dire l'application de sa théorie à l'homme, d'autres l'ont tenté ; et précisément cette déduction peu flatteuse avait rendu beaucoup de gens hostiles à la théorie de Darwin, et les avait engagés à la rejeter complétement. Cependant le plus grand mérite de cet ouvrage consiste en ce qu'il a gagné parmi les savants de nouveaux et nombreux adhérents à la doctrine de la transmutation des espèces, qui, du reste, avait été déjà émise avant lui. Si l'on songe avec quelle ténacité les savants les plus distingués avaient auparavant défendu l'invariabilité des espèces, on a peine à concevoir le complet et soudain revirement qui s'est produit dans les opinions des contemporains à ce sujet. On ne s'est plus fait aucun scrupule de concéder les points qui avaient dans le principe excité des railleries ou des sourires de pitié. Ces mêmes hommes qui combattaient avec véhémence cette doctrine, baissent tout à coup le ton et finissent par se rallier au parti opposé. Au reste, cette idée que les espèces se transforment se présenta comme un fruit mûr qui se détache de l'arbre ; car un simple regard jeté sur les travaux des esprits systématiques a suffi pour nous convaincre que, dès qu'il était possible de comparer ensemble un grand nombre d'individus de la même espèce, les limites de l'espèce et de la variété se confondaient ; l'espèce, naguère circonscrite dans un cercle si restreint, disparaissait, se fondait en quelque sorte entre les mains du savant et se perdait dans une foule de formes diverses. Autant il est notoire que la grande loi décrite par Darwin, et négligée jusqu'à lui, a été dans un grand nombre de cas une source d'amélioration, de perfectionnement des organismes, autant il est peu démontré qu'elle est l'unique cause du développement continu des formes organiques. Les révolutions qui ont changé les conditions générales de la nature, comme l'élévation du sol, la formation des terrains d'alluvion si fertiles, une heureuse combinaison de chaleur et d'humidité, doivent avoir exercé sur ce développement une influence très-considérable. Avec le réveil de l'activité intellectuelle dans l'homme, une force toute nouvelle vient enfin hâter le développement ultime de l'organisme animal. Il n'était pas besoin de l'écrit de Darwin pour faire reconnaître que la seule explication possible de l'origine de l'homme se trouve dans un développement graduel. L'anthropologie, en s'appuyant uniquement sur ses propres recherches, dont Darwin ne parle point, est arrivée à cette conclusion, formulée d'abord avec hésitation et timidité, mais qui peu à peu s'accentua davantage. Depuis bien longtemps déjà certains savants avaient isolément pro-

clamé cette vérité ; bien plus, elle avait été admise par des peuples entiers : elle ne pouvait néanmoins être déduite avec certitude que des faits dont la science actuelle s'est enrichie. Tandis que Darwin tirait de l'observation des types inférieurs de la nature, parmi les plantes et les animaux, sa loi du développement, en admettant la possibilité de la transition d'une forme à une autre, sans oser néanmoins en faire l'application à l'homme, l'anthropologie arriva par l'étude de l'organisme humain au même résultat. Elle reconnut que, malgré l'abîme qui sépare l'homme et le singe, il est pourtant impossible d'apercevoir entre eux une différence intime, mais qu'il y a plutôt entre eux une ressemblance frappante. Elle appuya la théorie du développement pour l'homme de preuves peut-être plus nombreuses encore que celles qui sont invoquées pour marquer les rapports d'une espèce animale à une autre. Or, s'il est possible de combler au moyen de la loi de développement une aussi grande lacune que celle qui existe entre l'homme et l'animal, il suit de là qu'on pourra admettre sans difficulté cette loi pour les diverses espèces du règne animal et du règne végétal. Dans ce sens, l'homme est la mesure de toutes choses ; ce qui est vrai de la nature humaine, l'est aussi de tous les êtres. Quelques savants refusent de faire descendre l'homme d'une des espèces de singes que nous connaissons, mais admettent pour l'homme et le singe, et cela sans preuves suffisantes, un premier père commun. Est-ce peut-être pour nous rendre l'idée de cette parenté moins rebutante, puisque l'imagination peut à son gré se représenter ce premier père inconnu sous des traits aussi agréables qu'il lui convient ? Il est une autre réflexion bien plus propre à nous réconcilier avec ces résultats strictement scientifiques qui effarouchent notre susceptibilité. Le singe ne nous paraît aussi laid que parce qu'il nous ressemble tant, parce qu'il est en quelque sorte une copie altérée de la figure humaine ; tandis que les autres animaux sont si différents de nous, que nous n'établissons aucune comparaison entre eux et nous. Mais l'homme ne descend point seulement du singe ; c'est simplement le dernier moule qu'il a brisé, la dernière enveloppe qu'il a dépouillée, la larve d'où est sorti cette figure la plus belle de toutes, comme on voit le papillon sortir de sa chrysalide, qui elle-même était née de la chenille, et celle-ci du ver, éclos lui-même d'un œuf. C'est ainsi que dans la nature tout devient une comparaison, parce que tout est régi par une seule et même loi.

Parmi les faits si nombreux qui témoignent des liens qui unissent l'homme avec tous les organismes naturels, en ce sens qu'il apparaît comme la dernière floraison de la vie animale, qu'on nous permette de relever quelques-uns et à dessein ceux dont la notoriété a été récemment mise en doute ou même formellement niée. Admirons la sagacité de notre grand Gœthe, quand il découvrit l'os intermaxillaire dans le crâne humain, et démontra ainsi l'unité de plan dans la structure du crâne des mammifères. Par là disparut une différence entre l'homme et l'animal, différence à laquelle Camper et Blumenbach croyaient encore. Dans les derniers temps, Rousseau, à Paris, a attaqué cette découverte, en avançant que l'homme ne possède jamais un os wormien de la mâchoire, puisque chez le nouveau-né, et déjà même avant la naissance, cet os se trouve solidement soudé par sa surface antérieure à la mâchoire supérieure. Mais c'est là une erreur : car il est notoire que chez l'homme, souvent même à un âge plus avancé, cet os reste parfaitement distinct du reste de la mâchoire et en est séparé par une suture qui se remarque à sa partie postérieure et inférieure. Ainsi la réunion prématurée de cet os à la mâchoire, voilà ce qui constitue une exception dans la structure de la face humaine ; et cette anomalie n'a plus l'importance qu'on s'est plu à lui accorder, quand on sait que M. J. Weber, à Bonn, a montré depuis plus de trente ans déjà, qu'il est très-facile de constater dans le fœtus, ou même chez un enfant d'un an, l'existence indépendante de l'os intermaxillaire, en le détachant de la mâchoire au moyen de l'acide muriatique fort étendu. De plus, chez le singe, cet os se trouve lié avec la mâchoire par une suture antérieure plus tôt que chez les autres mammifères.

C'est donc une particularité qui n'appartient pas à l'homme seul, mais encore au singe. De tout temps on a considéré l'appareil dentaire comme un signe distinctif même entre les animaux d'une même famille. Les dents de l'homme sont tellement semblables à celles des singes d'un ordre supérieur (quoique d'inégales dimensions), qu'on peut en conclure que l'homme, comme le singe, s'est originairement nourri de fruits. R. Owen fait remarquer, à la vérité, que chez le singe seulement la racine des molaires antérieures de la mâchoire supérieure est divisée en trois branches distinctes, et, suivant lui, c'est là une différence caractéristique entre l'homme et le singe. J'ai pu constater moi-même, sur un crâne appartenant à l'âge de bronze, l'existence de cette même conformation chez l'homme. Autrefois on croyait, en outre, que la dentition ne s'accomplit pas dans le même ordre chez l'homme et le singe. On prétendait que chez le singe la deuxième grosse molaire apparaît avant les deux petites molaires, et la troisième en même temps que la *canine* principale, tandis que chez l'homme les petites molaires se montrent avant la deuxième grande molaire, et la dernière molaire après la dent canine. Eh bien ! cette opinion n'eut plus aucun poids, lorsque Lartet eut montré que chez le chimpanzé et le *Dryopithecus Fontanæ*, l'éruption des dents s'accomplit absolument comme chez l'homme. La mâchoire humaine prête encore à une observation très-curieuse. Rütimeyer a remarqué que chez quelques animaux, la forme des dents de lait rappelle l'espèce inférieure d'où ils sont sortis. Jusqu'à présent personne n'a encore remarqué que c'est aussi le cas chez l'homme ; et l'on ne pourrait certes se l'expliquer par le changement de nourriture ; loin de là. Les dents de l'homme ressemblent à celles du singe ; à la place des molaires antérieures qui viendront plus tard avec de petites couronnes et des racines incurvées, on aperçoit de vraies molaires avec une couronne et des racines comme chez le singe. La première dentition de l'homme porte donc les traces de son origine et indique un état inférieur. Ce n'est qu'avec la seconde apparition des dents qu'il parvient à sa véritable conformation humaine. Il n'y a que la loi du développement progressif qui puisse expliquer ce fait, de même que cet autre, à savoir, que les vertèbres du cou chez l'homme portent encore des traces de côtes. Les vertèbres du coccyx diffèrent par leur grandeur, leur forme et leur nombre, plus que toutes les autres parties du squelette : il semblerait que, pour cette portion de la colonne vertébrale qui différencie d'une manière si remarquable l'homme et les singes sans queue de tous les autres mammifères, la règle qui préside à la formation du type n'eût pas été observée, et que la forme humaine fût restée inachevée. Dans les singes d'un ordre supérieur, le coccyx demeure également indécis dans sa conformation. Ainsi l'état

ment en faveur d'une organisation inférieure primitive dont les vestiges disparaissent seulement peu à peu. Le dernier essai tenté pour trouver un caractère particulier à l'homme dans quelque partie anatomique de son corps, est dû à R. Owen. L'homme, selon lui, serait seul à posséder un troisième lobe de l'encéphale, et dans ce lobe un prolongement postérieur du ventricule latéral, puis à la base du ventricule cette proéminence qu'on nomme le petit hippocampe. Huxley, qui s'éleva contre cette assertion, aurait pu en appeler à des travaux connus, surtout à ceux de plusieurs anatomistes allemands, qui ont expressément affirmé que le singe possède également cette corne postérieure du ventricule latéral. Tous les savants qui se sont occupés de ces recherches, Rudolph Wagner lui-même, ont reconnu la justesse de cette assertion. Schrœder van der Kolk, Vrolik et Thomson découvrirent ce petit hippocampe chez le chimpanzé. D'un autre côté, les frères Wenzel avaient trouvé très-inconstante cette partie chez l'homme, et bien plus, sur 51 cas, ils en citent 3 où cet organe fait complétement défaut. Gratiolet pensait que certaines circonvolutions du cerveau étaient particulières à l'homme, mais Rolleston en constata la présence chez l'orang-outan. Les travaux modernes sur les circonvolutions du cerveau ont confirmé la relation qui existe entre la structure plus ou moins grossière, plus ou moins délicate de l'organe avec ses fonctions, et en outre ont montré l'analogie remarquable qui existe entre le cerveau des races humaines inférieures et celui du singe. Ainsi donc l'homme n'a point dans le plus noble de ses organes un seul élément que l'animal ne possède pas également. Est-ce à dire qu'il ne lui reste rien qui, même dans son corps, le mette au-dessus du singe? Sans doute il a dans le volume de son cerveau et dans le nombre des circonvolutions de cet organe un avantage caractéristique qui a échappé à Huxley. Mais c'est là un caractère dont on peut bien se figurer le lent développement. Le cerveau humain est de deux à trois fois aussi grand que celui des singes les mieux conformés : si ce n'est chez le microcéphale, chez l'idiot de naissance par suite de l'exiguïté de cet organe, qui, dans ces cas, même à l'état adulte, ne dépasse pas en volume celui du singe. Ce fait est une preuve éclatante que la vie corporelle de l'homme adulte peut subsister avec un très-petit cerveau, et qu'un plus grand volume du cerveau humain indique seulement sa relation avec l'activité intellectuelle. En comparant l'anatomie humaine avec celle du singe, il faudrait s'attacher uniquement aux parties les plus importantes qui seules peuvent fournir des observations concluantes. C'est pourquoi c'est un fait significatif que le singe seul montre, dans la structure des trois plus nobles organes des sens, une conformité avec l'homme, conformité qu'on ne retrouve pas chez les autres mammifères. Meissner a prouvé cette conformité pour le sens du toucher, M. Schultze pour la rétine, et Claudius pour l'oreille interne. Le singe est encore le seul être à posséder, comme l'homme, les corpuscules du tact qui rendent la sensation plus délicate; comme l'homme, il possède la *fovea centralis* et la tache jaune de la rétine; et enfin les vrais singes seulement ont un labyrinthe parfaitement identique avec celui de l'homme. Cet organe diffère complétement chez les makis (demi-singes). Une autre observation enfin assimile encore le singe à l'homme : Huxley a cherché à montrer que la main postérieure du singe est déjà un pied, et que c'est bien à tort, par conséquent, qu'on a les a opposés sous ce rapport à l'homme. Lucæ a fait à cela une objection qui mérite quelque attention. Il prétend que les trois muscles qui, d'après Huxley, constituent la différence entre le pied et la main, ne suffisent pas à rendre le pied du singe semblable à celui de l'homme, puisqu'on les retrouve encore dans la griffe postérieure du lion. Mais cette observation n'empêche pas les extrémités postérieures du singe de différer de celles de devant dans la même proportion que le pied diffère de la main chez l'homme. Certes Lucæ a raison contre Huxley, lorsqu'il prétend que chez la plupart des singes les extrémités postérieures représentent plutôt une main qui saisit qu'un pied qui sert d'appui au corps. Mais on pourrait trancher la question, en remarquant que, chez le gorille, cet organe est demi-main, demi-pied. La partie du talon sert de pied, la partie antérieure sert de main. L'usage qu'il fait de ce membre répond en effet à cette explication. Ce qui caractérise le pied humain, c'est qu'il supporte, comme une voûte solide, le corps dans sa position verticale. Mais l'attitude du gorille occupe précisément le milieu entre la position toute droite de l'homme et celle des quadrupèdes. Il se tient habituellement accroupi : quand il marche ou qu'il court, son torse est presque droit ; mais ses membres de derrière ne supportent pas seuls son corps, il le soutient encore avec la face dorsale des mains qu'il pose sur le sol. On ne saurait mieux se faire une idée d'un moyen terme, d'un point de transition entre la marche de l'homme et celle des animaux, qu'en observant la démarche du gorille. Bischoff et Giebel ont de nouveau, dans ces derniers temps, comparé le crâne du singe et celui de l'homme, et ils ont indiqué entre eux de très-grandes différences que le dernier de ces savants nomme typiques. Cette dénomination n'aurait de valeur qu'autant qu'on pourrait démontrer que ces caractères dits typiques sont vraiment constants, invariables. Il ne vient à l'idée de personne de nier ces différences : la question est purement de savoir si l'on doit regarder comme possible ou non la transition d'une forme à une autre. On ne peut nommer typique cette crête saillante qui se remarque sur le crâne du gorille mâle, puisque, sans aller plus loin, la femelle de cet animal en est dépourvue. Giebel aurait eu moins de différences à signaler, s'il eût pris en considération la structure du crâne dans les races humaines inférieures, qui rappellent sur tant de points l'organisation animale.

Le premier naturaliste des temps modernes qui exprima une opinion claire et précise sur la place qu'occupe l'homme dans la nature, ce fut Linné, qui, personnellement, n'eut pas l'occasion de voir des singes semblables à l'homme, et qui n'avait sur eux que des renseignements fabuleux. Cet esprit pénétrant qui a classé tous les êtres du règne végétal et du règne animal dut avouer qu'il ne connaissait d'autre marque distinctive entre l'homme et le singe, sinon la démarche droite et la saillie du menton chez celui-là. Or, nous savons aujourd'hui que les singes d'une organisation plus achevée peuvent aussi marcher librement debout, bien qu'avec quelque difficulté, mais que jamais ils ne conservent longtemps cette position. Le menton, cette partie si expressive de la face humaine, est déjà fuyant chez les tribus barbares de nègres, lorsque la denture est très-saillante. Au sujet de ce signe caractéristique de la nature humaine, on a tout dernièrement fait une curieuse découverte. L'année dernière, Dupont trouva dans la caverne la Naulette, dans la vallée de la

Lesse, en Belgique, une mâchoire inférieure humaine à l'état fossile, qui, par sa forme générale, par la dimension et la conformation des dents, et aussi par l'absence de menton, se rapproche de celle du singe. Et si l'on prétendait que la noblesse de l'expression dans la face humaine réside surtout dans le front, nous voyons, sur le célèbre crâne de la vallée de Néandre, le front remplacé par une lame osseuse munie d'un rebord se prolongeant au-dessus de l'œil, comme chez le singe!

De ce qui précède il ressort clairement, pour tout esprit non prévenu, que les choses qu'enseigne la science aujourd'hui ne sont pas le résultat de la spéculation, mais de l'observation et de l'expérience. Cette méthode nous conduit à ces nouveaux résultats qui jettent une si vive lumière sur des questions jadis très-obscures. Quand il s'agit du genre de problèmes que nous avons à résoudre, il ne faut appeler à son secours ni Platon, ni Aristote, ni même Buffon, ou Cuvier ou Blumenbach. Notre science — et j'accentue ce point — n'est pas en contradiction avec la morale : elle ne conteste ni l'esprit dans l'homme, ni Dieu dans la nature; elle n'a nullement la prétention de ravir à l'homme cette consolation qu'il trouve dans la foi à l'immortalité de son âme. Les théologiens qui s'enflamment et se courroucent contre les résultats obtenus par la science de la nature devraient se souvenir de ce qu'un des plus grands Pères de l'Église, saint Augustin, a pensé de la création de l'homme. Dans son ouvrage, *De genesi* (lib. VI, c. XII), il dit : « Car que Dieu ait formé l'homme de la boue de la terre en se servant de mains corporelles, c'est là une pensée trop puérile! » Et dans un autre endroit (lib. VII, c. I et c. XVII) : « De même que Dieu n'a point formé l'homme avec des mains corporelles, et ne l'a point non plus animé d'un souffle sortant réellement de son gosier et de ses lèvres... » — « Parce que la partie antérieure du cerveau, qui est le siége de tous les sens, est située près du cerveau, c'est pour cela qu'il est dit que Dieu a soufflé sur la face de l'homme. » Ces paroles sont un hommage rendu à la recherche libre, et, quand nous songeons au temps où elles ont été écrites, nous sentons qu'elles honorent doublement leur auteur. Il est arrivé déjà une fois que l'esprit humain a rejeté, en s'appuyant sur l'étude de la nature, une erreur qui datait de mille ans, et, il faut le dire, cela n'a pas été sans combat. L'apparition du système du monde de Copernic a mis fin à cette croyance orgueilleuse et vaine que la terre, étant habitée par des hommes, est le milieu de l'univers. Sachons encore une fois courber notre orgueil; rendons-nous tout entiers à la nature, à laquelle nous devons tout, qui est la plus pure source de la connaissance humaine. Elle nous parle assez clairement, pourquoi ne voulons-nous pas la comprendre? La science de la nature ne doute en aucune façon de la haute dignité de l'homme; c'est elle qui en a les preuves en main, preuves qu'elle tient de la contemplation de tout son organisme. Elle le place aussi haut que le philosophe, que le poëte l'ont placé; mais elle seule aussi traverse toute la route qu'il a parcourue pour arriver à cette hauteur : c'est ce que le poëte et le philosophe ne font pas. Un homme est né dans une pauvre cabane, sans ressources; il est arrivé par ses propres forces à la puissance, à la fortune; en le voyant à l'apogée de sa gloire, ne l'admirons-nous pas plus que celui-là qui s'enorgueillit des richesses héritées de ses pères? Il en est ainsi de notre espèce. En plongeant nos regards dans notre passé, nous ne nous sentons point humiliés, nous y voyons un gage certain d'un meilleur avenir. Nous avons en nous un idéal qui dépasse notre nature, mais que nous cherchons à atteindre et dont nous nous approchons réellement. L'âge d'or que nos poëtes chantent comme un bien perdu, comme une magnificence qui n'est plus que dans notre souvenir, et que nous n'avons pas méritée, cet âge d'or n'est-il pas plus beau quand il est devant et non derrière nous? Nous ne l'avons jamais possédé, il faut le gagner, il faut que tous y tendent par un paisible travail intellectuel, par la recherche de tout ce qui est humainement bon et noble.

Qui ne fait qu'étudier toujours ce que les hommes ont fait et pensé n'est pas à l'abri de l'erreur; celui-là ne trouve pas la clef qui ouvre les mystères du monde. Mais dans la nature Dieu lui-même s'adresse à nous, et une loi nouvellement découverte, c'est une autre révélation, un autre Évangile de son esprit, dont peu d'hommes, il est vrai, ont dans le principe l'intelligence, car, dans la vie de l'humanité, les pensées et les convictions ne mûrissent que lentement. C'est pourquoi cherchons, cherchons sans relâche : la vérité pousse ses plus fortes racines sous les attaques et les obstacles, comme l'arbre qui croît sous les coups de la tempête! Et sachons apprécier à sa juste valeur une science qui, plus qu'aucune autre, affranchit le regard de l'homme, devant laquelle s'écroule tout un monde de superstitions, de préjugés et d'erreurs!

SCHAAFHAUSEN,
professeur à l'université de Bonn.

— Trad. de l'allemand par L. KOCH, prof. au lycée Saint-Louis. —

Académie de Philadelphie.

M. Morton a donné à l'Académie de musique de Philadelphie une série de séances de physique amusante qui ont beaucoup ému le public.

« ..... L'expérience la plus saisissante est celle qui avait pour but de démontrer la composition de la lumière blanche et la différence qu'il y a entre ses effets éclairants et ceux d'une lumière mono-chromatique. La toile ayant été levée, on aperçut un splendide palais éclairé par des lumières à la chaux. A un signal donné, on vit se mettre en mouvement un cortége de masques en brillants costumes, portant des bannières avec des emblèmes aux mille couleurs. L'effet de cette marche était imposant : le pas mesuré des colonnes en mouvement, le balancement des bannières qui se pressaient sur l'estrade, et le reflet des couleurs éclatantes que faisait vivement ressortir une lumière blanche très-vive, formaient un spectacle aussi nouveau qu'inattendu.

» A un signal donné, les masques se groupent autour de l'estrade, la lumière blanche s'éclipse et à sa place apparaît une lumière jaune, répandue par six brûleurs préparés avec des matières chimiques. Aussitôt le brillant cortége se métamorphose en un groupe de hideux fantômes, vêtus de gris et portant des bannières qui n'avaient que deux couleurs : le *noir* et le *blanc*. La quantité de lumière jaune était si grande qu'elle éclairait la salle entière et transformait les auditeurs en une assemblée de spectres.... » (*Scientific American*.)

Nos lecteurs qui se souviennent de la conférence de M. Nicklès (tome III, page 220, 24 février 1866), devineront aisément la nature des matières chimiques qui produisaient cet éclairage fantastique. La flamme blanche était due à l'une des vives lumières qu'on produit avec le gaz tonnant, le magnésium et l'électricité; quant à la flamme jaune, elle est obtenue, soit avec de l'alcool salé, soit en plaçant du sel dans un bec de Bunsen. C'est ce que M. Nicklès appelle la flamme *sodique* ou flamme *monochromatique du sodium*, avec laquelle il ramène toutes les couleurs au blanc et au gris et donne au teint une coloration livide des plus sinistres.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE NUMÉRO 49 7 NOVEMBRE 1868

ASSOCIATION MÉDICALE BRITANNIQUE

CONGRÈS D'OXFORD.

M. H. W. ACLAND
(de la Société royale de Londres).

Discours inaugural (1). — La médecine de nos jours.

Nous vivons à une époque qui marque une crise dans l'histoire de notre pays; nous assistons à une ère nouvelle dans l'histoire même de l'humanité. Presque toutes les parties de notre édifice social réclament l'enquête et la réforme. Gouvernement, commerce, institutions, lois, usages sociaux artificiels, caractère à imprimer à nos enfants dès leur première éducation, tout cela est, non-seulement matière à critiques, mais en grande partie matière à changement; et ce changement doit se faire avec une rapidité sans exemple. Ce changement est, en quelque sorte, une tendance vers la perfection absolue, ou bien c'est, suivant l'expression d'un philosophe, le grand saut à travers les chutes du Niagara. La facilité avec laquelle les idées s'échangent dans toute l'étendue de la famille humaine distingue notre époque de toutes celles qui l'ont précédée. Notre profession n'est pas exempte de ces influences. Et quand même nous serions à l'abri de cette révolution, ne sommes-nous pas une partie du corps politique, et, en gens avisés, ne devons-nous pas, du fond de ces vieux cloîtres qui sont comme un souvenir eux-mêmes du ferment de la réforme, songer à l'orage qui s'amasse au dehors, et diriger notre marche dans le sens du courant qui entraîne le reste du monde?

Les auteurs distingués dont vous entendrez les communications orales dans vos séances, MM. les professeurs Rolleston et Haugston, et le docteur Gull, vous donneront d'abondants éclaircissements sur l'état présent des trois grands départements de la science et de l'art que vous professez. En attendant ces communications et toutes les autres présentations relatives à des sujets techniques que vous devez entendre, je vous propose de jeter un regard d'ensemble sur la situation occupée par notre science professionnelle, par rapport aux autres branches de la science, et de considérer les objets qui seront mis en relief alors que nous discuterons sur l'esprit qui doit nous être imprimé par notre époque, et sur la direction propre à former cet esprit.

L'esprit médical à notre époque. — Il n'y a pas de meilleure formule de cet esprit ou de ce caractère qui conviennent à la médecine, que ces paroles profondément gravées dans le cœur des vrais médecins depuis une centaine de générations :

Ὁ καιρὸς ὀξὺς ἡ δε πεῖρα σφαλερα· ἡ δὲ κρισις χαλεπή.

Sans doute chaque époque doit plus ou moins s'écrier, pour son compte : « Oui, l'occasion s'enfuit, elle est passée; la vieille expérience n'est que du sable; le jugement sain est difficile par-dessus toute chose. » Les traditions de ce lieu sont bien faites pour nous amener à nous demander, dans le langage de ces vieux aphorismes grecs :

Perdons-nous en ce moment l'occasion propice?
Notre expérience est-elle trompeuse?
Le jugement, dans les sciences et les arts, ne serait-il pas toujours difficile!

Tentons-nous l'impossible, ou au contraire négligeons-nous ce qui pourrait être accompli dès à présent. Que dirons nos enfants de nous et de notre temps? Nous sauront-ils gré de la direction que nous leur avons imprimée et de l'exemple que nous leur avons donné? Ou bien diront-ils que nos conclusions étaient sans fondement et téméraires, et la tâche que nous leur avions fixée difficile au delà de ce qui était nécessaire?

La science et l'humanité. — L'humanité a ses propriétés constantes et ses accidents variables. Ces propriétés sont : le besoin de nourriture, de chaleur, de vêtements; c'est le malaise et la maladie, la pauvreté ou le bien-être, la poursuite de la richesse et la chance de la misère et du crime. Mais l'humanité a aussi ses accidents variables de climat, d'habitudes, de plaisirs, de luxe, de dégradation. Ces accidents, alors qu'ils ne sont pas mortels, peuvent être terribles, pleins de périls, et cependant tels qu'on puisse leur apporter un remède ou un adoucissement.

La réflexion nous montre à quelle foule de sujets la médecine est mêlée par suite de deux circonstances qui sont le progrès des sciences d'une part, et de l'autre les fluctuations de l'humanité. Par combien de points la science ne nous touche-t-elle pas! combien sont intimes les liens qui nous rattachent aux souffrances et aux tristesses physiques ou morales de l'humanité!

C'est cette loi nécessaire de connexion entre la science en général et l'humanité, qui fait à la fois la difficulté et la gloire de notre rôle dans le corps politique; c'est cette connexion qui, tendant à devenir plus impérieuse à ce moment de l'histoire de notre pays et de la science, rend désirable et même inévitable la révision de notre état présent.

(1) Le discours du président du Congrès commençait par les compliments d'usage en pareille circonstance.

L'art et la science dans la médecine. — La médecine, avons-nous dit, est liée nécessairement à l'existence de la science elle-même. Cette proposition mérite d'être examinée attentivement. La médecine est actuellement à la fois en avance sur les sciences dites exactes et en arrière de celles-ci. Elle les devance en ce sens qu'elle observe cliniquement des faits que la science n'a pas encore complétement expliqués; or, elle croit avec une ferme conviction à ces faits qui ne peuvent être ni niés ni démontrés. Elle est en arrière, en ce sens que les sciences exigent, pour chaque fait, une exactitude à laquelle la médecine ne peut pas toujours prétendre.

Mais la médecine s'est plu trop longtemps à se considérer comme un art indépendant de la science. Or, elle ne pouvait accomplir sa révolution complète qu'à partir du moment où elle posait et justifiait la prétention d'être une des branches de ces sciences qui ont précisément pour objet l'interprétation des phénomènes de la nature.

Les méthodes physiques. — Les rapports qui existent entre la science pure et la médecine sont à la fois directs et indirects. Dans ses relations directes, la médecine suit la ligne scientifique sans hésitation; dans ses relations indirectes, elle ne peut pas toujours suivre des indications positives. Cette question mérite de nous arrêter un instant.

Les relations sont directes dans tous les cas où peuvent être employés ces moyens d'invention moderne dont on n'avait pas même l'idée, il y a cinquante ans, et qui servent à la découverte et à l'explication des phénomènes physiologiques ou pathologiques. Par l'interprétation des bruits produits dans l'intérieur du corps, Laennec, puis après lui une foule d'observateurs, nous ont fourni des données d'acoustique exacte, à l'aide desquelles on peut désormais interpréter l'état matériel d'organes internes dont l'oreille perçoit les mouvements, alors que la vue nous en est interdite; en sorte que si nous ne sommes pas toujours en état de dire précisément quelle est la nature d'un trouble fonctionnel, nous pouvons, du moins, dire ce qu'il n'est pas. Par l'application des instruments d'optique, Czermak et Cruise nous ont mis à découvert certains organes du corps qui, jusque-là ne pouvaient être scrutés, pharynx, cordes vocales, trachée; j'en dirai autant des instruments qui permettent d'examiner le vagin, l'utérus et la vessie. Grâce à ces moyens mécaniques, les causes actuelles, mais cachées, de quelques phénomènes morbides ne sont plus matière à discussion; on les voit et on les démontre. Les secrets de l'œil, je n'ai pas besoin de le dire, sont maintenant dévoilés, grâce aux moyens physiques imaginés par Helmholtz et d'autres, et aux travaux faits depuis dans le même sens par plusieurs de nos compatriotes. Albutt et Ogle, dans ce pays, et quelques autres médecins du continent, ont émis plus tard l'opinion que quelques états morbides de l'œil ne sont pas seulement importants en eux-mêmes en tant que lésions locales, mais encore comme signes pathognomoniques de quelques autres lésions probables dans des organes éloignés. Le sens du toucher a été aussi agrandi et complété par les ingénieux appareils de Marey, à l'aide desquels les mouvements du pouls et ceux du cœur sont enregistrés. Ainsi, par une induction indirecte, mais claire, nous pouvons sonder les secrets, non-seulement de l'appareil circulatoire, mais encore de l'action nerveuse et de ses troubles en excès ou en défaut. Dois-je ajouter, en présence de cette assemblée, que le roman véridique de l'évolution zoologique est destiné à agrandir le champ de nos connaissances relativement à ces parasites qui infestent notre corps, dont ils modifient les fonctions d'une manière notable, et que, dans les mains du praticien, le microscope et le tube à réactifs résolvent en un instant des questions demeurées jusqu'alors sans réponse, bien que de leur solution dépendît ou la vie ou la mort?

Il serait fastidieux pour vous et indiscret pour ma part de m'étendre sur ce sujet, qui est comme l'*a b c* de la médecine moderne dans ses applications de tous les jours. Je n'ai cité ces faits que pour énumérer, à titre d'arguments, quelques-unes des applications des sciences et de leur méthode aux progrès des connaissances médicales, par le moyen de l'optique, de l'acoustique et du toucher. L'exploration du système nerveux par l'agent électrique, par des manomètres, grâce aux travaux de plusieurs observateurs, et spécialement de Duchenne (de Boulogne), et l'enregistrement des changements de température en rapport avec les altérations chimiques de l'organisme, doivent être cités comme des tentatives moins avancées, mais déjà utiles de la physique à la connaissance des maladies.

Les relations indirectes de la médecine avec les autres branches des sciences physiques sont plus remarquables encore, mais plus éloignées et moins familières.

L'esprit scientifique. — Rappelons d'abord quelle est l'action que l'esprit scientifique moderne exerce sur la médecine. On peut dire hardiment aujourd'hui que l'opinion et l'autorité, en médecine, ont cessé d'avoir aucun crédit, excepté dans le cas où l'autorité découle de hautes qualités morales et intellectuelles unies à une grande expérience. Mais c'est là une question personnelle semblable à l'équation personnelle des observateurs astronomes, et qui ne change rien à l'œuvre scientifique elle-même. La médecine, considérée comme art, ne vit que de données précises, d'expérimentation, d'observation et d'induction directes. Et pourtant la médecine, aujourd'hui, en tant qu'art, ne peut pas toujours donner la main à la médecine en tant que science. Les médecins, constamment aux prises avec l'imprévu, ne peuvent attendre, pour agir, que la science ait établi ses conclusions avec une certitude absolue. Dès l'instant que la médecine devient purement scientifique, elle cesse d'être en harmonie avec l'esprit moyen de l'humanité; d'autre part, la médecine empirique est en désaccord avec la science pure. La science organisée, et qui se fonde sur des éléments certains, s'oppose au calcul des probabilités qui guide les maîtres de l'art dans leurs conclusions, et les pousse à agir avec une promptitude incompréhensible et effrayante pour ceux qui ne sont pas initiés. De même que le navigateur savant et qui est pourvu, comme tout navigateur doit l'être, des instincts du marin empirique, se fie à ces instincts par un gros temps aussi franchement qu'il se fierait à ses observations les plus savantes par un temps calme, de même le vrai médecin clinicien décide d'abord, puis après justifie par des raisonnements réguliers les motifs de sa détermination. Par cela même il abandonne l'ordre suivi dans les sciences pures. Et il faut qu'il se comporte ainsi dans beaucoup de cas, s'il veut être praticien. S'il ne peut pas agir ainsi, il est condamné à devenir d'abord sceptique, puis indifférent.

Que ce scepticisme et cette indifférence soient réellement un danger dans la pratique de la médecine, et qu'il faille y voir la contre-partie des avantages que nous offre l'esprit scientifique moderne, c'est ce dont il n'est guère permis de douter.

Le scepticisme médical et les dogmes. — Cette question du

scepticisme médical est trop grave pour qu'on ne la discute pas. Il ne faut pas confondre la critique honnête des croyances établies, avec cette autre critique destructive et qui n'a pas pour unique but la recherche de la vérité. La première est une qualité nécessaire chez tout homme qui a l'esprit bien trempé; la seconde est souvent un signe de légèreté dans la jeunesse et d'un fâcheux laisser-aller dans un âge avancé. Nous devons dire ce que nous pensons, au fond, de la médecine, en tant qu'art et en tant que science. Il y a une vraie médecine, et il y en a une fausse, aussi mêlées que le sont l'ivraie et le bon grain. La vraie est celle qui est fondée sur les lois inaltérables de la nature; la fausse est celle qui résulte de l'ignorance, soit mauvaise interprétation, soit erreur volontaire, ignorance de la nature, obstination à en méconnaître les lois, falsification volontaire des faits dans des vues intéressées. De ces deux médecines, la vraie et la fausse, découlent toutes les traditions de notre art. Distinguer l'une de l'autre, séparer le certain de l'incertain, ajouter à ce qui est connu, sans s'inquiéter de ce qui en peut résulter pour les anciennes croyances, tel est le devoir du temps où nous vivons. Si ce but était atteint, nous posséderions l'histoire complète d'un art qui est vieux de trois mille ans. Il n'y a point d'histoire qui puisse être mise en parallèle avec celle-là dans les autres branches des connaissances humaines. Il y eut une époque où le prêtre et le médecin ne faisaient qu'un, et où l'art de guérir était regardé comme un don surnaturel. Il en est encore ainsi aujourd'hui chez les sauvages. Les cures accomplies par une intelligence élevée sont, aux yeux des hommes grossiers et ignorants, une émanation des attributs d'un Dieu inconnu. Le prêtre imposteur est un médecin imposteur. Trafiquant de la faiblesse de ces hommes enfants, il dogmatisera sur les maux du corps et leurs remèdes, comme sur les maladies de l'esprit.

La sagesse traditionnelle. — La destruction de semblables dogmes, quelque faux qu'ils soient, est une entreprise dangereuse et pénible, ainsi que le savent tous ceux qui ont étudié l'histoire. Mais le temps est venu où toute opinion doit être passée au crible. Ici il faut craindre un autre danger, celui de la négation de l'expérience accumulée par nos ancêtres. Que sont pour nous nos parents? Valons-nous mieux qu'eux? ou bien est-ce le contraire?...

Ætas parentum pejor avis tulit
Nos nequiores, mox daturos
Progeniem vitiosiorem.

Pourtant il y a dans la tradition du passé une masse de sages préceptes. Rien n'est plus admirable que le soin et la prudence, l'esprit scientifique, et souvent la méthode scientifique vraie, avec lesquels les meilleurs de nos ancêtres, tels que Morgagni, Sydenham, Hunter, observaient et raisonnaient. Il est vraisemblable que leur prudence était due en grande partie au sentiment qu'ils avaient de leur ignorance du terrain sur lequel ils s'avançaient, et au manque de précision des moyens dont ils disposaient. Nous qui sommes supérieurs à nos pères par les moyens qui sont à notre service et par la netteté avec laquelle nous pouvons, sur certains points, énoncer un résultat, nous ne devons pas oublier que, malgré ces avantages, nous sommes sujets à des accidents imprévus, et que, à une époque de détails et de méthodes d'analyse comparativement faciles, ces grandes qualités de patience et de réserve prudente sont perdues pour ceux-là même qui n'ont pas l'excuse d'être des investigateurs originaux.

La recherche des causes. — Sous la réserve des observations qui précèdent, on doit déclarer que l'esprit scientifique moderne contribue indirectement au progrès de l'art de guérir. Quel est cet esprit moderne?

Il serait difficile de le définir en termes plus nets que ne l'a fait Newton lorsqu'il a dit: « Le propre de la philosophie naturelle est d'arguer d'un phénomène, sans former de vaines hypothèses, et de déduire les causes des effets jusqu'à ce qu'on arrive à la cause première, laquelle certainement n'est pas d'ordre mécanique. »

Pour discuter cette simple phrase et la commenter, il faudrait passer en revue l'histoire d'une grande partie de la science moderne.

Malgré quelques objections de détail, on peut dire de cette science moderne qu'elle présente à tous les yeux l'image du champ sans limite de la philosophie physique. Pour les uns, c'est l'image d'une foule innombrable de pieux croyants; un autre y verra une armée d'austères travailleurs cherchant avec ardeur dans les ténèbres une pâle lueur. Chacun dans sa sphère, chacun avec sa teinte propre, en physique et en biologie, s'engage à la poursuite de la vraie cause. Depuis la cause de la torsion d'une tige végétale jusqu'aux causes des variations de l'espèce humaine, depuis les causes des changements atmosphériques jusqu'à la cause et aux conséquences de la combustion d'une étoile fixe, tout devient matière à recherche pour les biologistes et les physiciens modernes; et chacun d'eux, dans sa voie, sous les yeux de cent collaborateurs et de dix mille spectateurs plus ou moins intelligents, fait un pas en avant vers cette cause première dont Newton dit qu'elle « n'est certainement pas mécanique ». Et à quoi arrivent-ils? D'abord à la conviction clairement exprimée depuis plusieurs années relativement à la dépendance réciproque qui existe entre notre faune et notre flore, et la circulation de la matière sur notre globe, et ensuite à cette idée générale si simple et si grande, que toute action qui tombe sous nos sens n'est que le résultat de la chaleur solaire sur des êtres qui sont intimement liés et dépendants les uns des autres; que toutes choses, dans ce système, sont capables seulement d'échange; qu'il n'y a ni destruction de ce qui existe, ni création d'une force nouvelle.

Le théorème de la conservation de la force n'a pas encore, comme on pouvait le croire, été d'une utilité directe pour la médecine, mais il peut déjà lui servir indirectement.

Il rend de plus en plus douteuse l'existence d'un principe vital en contradiction avec les lois ordinaires et les affinités de la matière.

Il tend à fondre de plus en plus les phénomènes des corps vivants avec ceux qui sont du domaine de la physique pure.

Il rend moins improbable l'hypothèse de Darwin en montrant quelles profondes corrélations existent dans la structure intime de tous les êtres; il augmente la probabilité de cette opinion que les êtres vivants placés dans des conditions semblables sont entraînés vers les mêmes aptitudes.

Mais il n'explique rien quant à l'origine réelle des choses, rien quant à la nature de la volonté. Quelque vrai qu'il puisse être que la force solaire était emmagasinée depuis des myriades d'années dans les houillères; quelque vrai qu'il puisse être que dans le processus de la vie végétative la force solaire est constamment la première chose qui soit absorbée pour être mise ensuite en liberté et transmise à d'autres organismes, il ne résulte pas de tout cela le plus petit éclaircis-

sement sur la vraie cause de l'organisation d'une simple cellule organique.

Il est clair (quelque soin que nous apportions à ne pas nous éprendre de mots nouveaux) que l'idée de la conservation de la force pénètre maintenant dans toute conception relative à un changement organique. Nous sommes de plus en plus entraînés vers les convictions que le même effet suit la même cause, étant données des conditions organiques semblables, et que, comme la santé résulte du jeu régulier de certains changements physiques, les maladies physiques (en opposition avec celles qu'on appelle mécaniques ou chirurgicales) suivent aussi une marche régulière et définie...

Le progrès des sciences. — Ces idées fondamentales semblent, au premier abord, avoir si peu de rapports avec l'œuvre de chaque jour, c'est-à-dire avec la pratique de notre art, qu'on pourrait même nier cette relation; mais il ne faut qu'un peu de réflexion pour comprendre que la profession par laquelle ont été poursuivies si assidûment les connaissances naturelles, et qui en a été comme le berceau, ne peut se soustraire à l'influence de la science, et qu'elle doit suivre attentivement ces spéculations, ces aspirations, en apparence si éloignées d'elle. Qui donc oserait dire que la question de la génération spontanée, si ardemment débattue depuis quelque temps, ne touche à aucun point de la pratique médicale? Voyez plutôt comme les observations de Pasteur touchent aux questions d'infection et de suppuration, et même, ainsi que l'a montré récemment le professeur Lister, peuvent influer sur le traitement chirurgical. Ce serait, certes, une grande découverte que d'arriver à démontrer qu'il n'y a point de germes morbides nés spontanément, mais que tous proviennent d'une cellule qui les engendre. S'il en était ainsi, nous aurions l'espérance de détruire définitivement certaines maladies. Il eût paru vraiment incroyable de prédire, au début, les propriétés merveilleuses que possède la vaccine et que l'expérience a démontrées.

Ce qu'est le pouvoir de la nature pour la production des éléments morbifiques, et ce que peut devenir le pouvoir de l'homme pour les détruire, tel est le tableau qui nous apparait clairement alors que se produisent des recherches comme celles qui examinent les relations de la vaccine et de la syphilis (Ballard et Seaton). Si nous y joignons les recherches sur l'origine du tubercule entreprises par Villemin, Sanderson et Wilson Fox, les travaux sur la nature de la peste bovine et l'ensemble de nos connaissances relativement à la nature des principes infectieux, nous vous offrirons une des plus remarquables séries parmi les investigations biologiques et pathologiques qui se soient jamais produites.

Maintenant, qu'un homme, même peu familiarisé avec ce sujet, réfléchisse sur cet aperçu, et il admettra volontiers que la médecine savante embrasse aujourd'hui un vaste ensemble de questions; il comprendra quelle base solide offrent les sciences physiques sur lesquelles s'appuient ces découvertes; il verra aussi quelles difficultés particulières présente une science compliquée d'un art, art qui non-seulement est mêlé à toutes les causes de perturbation qui agissent sur la société humaine en progrès, et qui, de plus, opère sur les phénomènes chimiques les plus compliqués, à savoir, sur ce qu'on appelle les actions vitales.

Complexité de la médecine.—Tout d'abord il fera sans doute cette objection : Il y a des phénomènes complexes qui affectent la santé humaine: les uns sont d'ordre physique et fatal; les autres procèdent d'actions mentales et volontaires; or, quel pouvoir la médecine peut-elle exercer sur ceux-ci? Si l'on posait pareille question, voici comment il y faudrait répondre : Il y a deux méthodes dans l'art : d'abord la méthode de la science pure, qui ne connaît pas d'autre objet que la poursuite de la vérité, méthode qui procède par l'observation et l'expérimentation en physique, qui, en anatomie et en physiologie, procède par l'étude des agents, et au besoin par les vivisections; deuxièmement, il y a la méthode empirique, ou méthode qui tend à guérir à l'aide de préceptes dérivés de la tradition et probablement de tentatives d'expérimentation.

Par la première de ces méthodes, nous arrivons à déterminer la loi ou la marche des processus morbides les plus compliqués, ainsi que cela résulte des recherches sur le tubercule et la syphilis auxquelles j'ai fait allusion. Mais cette méthode est impuissante à expliquer les relations des phénomènes dans aucun organisme, fût-ce même le plus simple de tous, et l'on ne saurait dire qu'aujourd'hui nous comprenions rien au moindre processus vital. Cette pensée a été exprimée avec une singulière force par un grand chimiste français : « *Car nous n'en connaissons aucun d'une manière* » *complète, puisque la connaissance parfaite de chacun d'eux* » *exigerait celle de toutes les lois, de toutes les forces qui con-* » *courent à le produire, c'est-à-dire la connaissance parfaite de* » *l'univers.* » (Berthelot, *Chimie organique*, II, 810.)

Certes, c'est une grande chose que d'assister ainsi à l'explication graduelle des phénomènes et de leurs lois chez les êtres vivants. Nous savons, par exemple, que telle maladie suit une certaine marche dans certaines familles. Qu'est-ce autre chose que la loi d'après laquelle la matière vivante se comporte d'une manière déterminée, dans des conditions déterminées, de sorte que quelques-unes de ces conditions étant connues, nous en pouvons déduire le résultat. Cette loi devient la base scientifique de toute médication curative et de toute médecine préventive.

L'application de cette loi aux phénomènes vitaux comme aux phénomènes inorganiques porte le dernier coup à quelques anciens préjugés qui suscitaient et entretenaient l'idée de certains procédés exceptionnels et irréguliers. A bien prendre, il n'y aura point d'autre terrain dans l'avenir pour la thérapeutique.

Aujourd'hui, nous touchons presque au but, du moins nous côtoyons sans cesse les plus étonnants résultats, mais nous ne savons ni quand ni comment arrivera l'avénement de cette ère nouvelle. Ainsi que des soldats qui assiégent une ville, nous commençons à ouvrir nos parallèles à une longue distance des forteresses. Tandis que nous ignorons encore la nature des modifications chimiques les plus communes que nous savons s'opérer dans notre corps à chaque instant de notre vie, il y a déjà des chercheurs qui discutent tranquillement et minutieusement sur les actions chimiques par lesquelles les magmas acides ou alcalins ont modifié la constitution de la croûte terrestre et produit graduellement les conditions chimiques qui ont rendu possible l'évolution des organismes actuellement constitués sur notre planète. C'est ainsi que le siége de la forteresse de la science avance lentement, mais sûrement. Dernièrement s'est montré un signe de progrès dans une direction inattendue : la chimie, qui faisait profession d'être, avant tout, analytique, s'est jetée avec enthousiasme dans la synthèse; il n'y a plus, virtuelle-

le calcul du nombre des combinaisons possibles avec les acides de certains alcools. Il prétend que si nous donnons un nom à chacune de ces combinaisons, que si ce nom occupe une ligne, qu'une page contienne cent de ces lignes, qu'on fasse des volumes de mille pages, et qu'on place un million de ces volumes dans une bibliothèque, il faudrait quatorze mille bibliothèques semblables pour contenir le catalogue de ces corps. Il peut donc dire que ces corps sont en nombre infini, alors qu'il parle de la composition synthétique des séries alcool et aldéhyde, des acides organiques, de l'amide et de l'urée, et des milliers de corps possibles que réserve l'avenir, corps qui seront produits certainement, qui attendent leur tour, et qui sont possesseurs de propriétés déjà soupçonnées, mais non encore connues.

Oserai-je dire que les corps de cette espèce ont d'importantes relations avec les propriétés du système nerveux chez l'homme. Le chloroforme et les diverses amides employées par Richardson ont rendu ce fait notoire pour tout le monde. Les belles expériences de Cl. Bernard sur l'amygdaline montrent que cette question est encore plus complexe et plus vaste que ne le faisait entrevoir la phrase citée plus haut de Berthelot.

Il est donc manifeste que les agents qui peuvent influencer le corps humain sont infinis, et les exemples que j'ai indiqués relativement aux rapports de la morve, du tubercule, des produits inflammatoires, de la syphilis et de la vaccine, montrent que ce qu'on a pu découvrir dans le passé n'est rien en comparaison de ce que l'avenir nous promet. La science est redevable à cette association, pour l'exemple qu'elle donne en encourageant les efforts tentés dans ce sens, et spécialement au professeur Rumett pour ses habiles et patientes recherches concernant l'action d'un important remède, recherches qui, je l'espère, ne sont que le commencement d'une série pleine de promesses.

La médecine et l'humanité. — Après avoir cité ces exemples des rapports de la science avec la médecine, dans l'intention de venger notre profession de quelques attaques injustes appuyées sur le reproche de défaut de précision scientifique, j'abandonne cette légère esquisse d'un si vaste sujet, pour considérer les relations de la médecine moderne avec l'humanité, en d'autres termes, ses relations avec les besoins de l'homme dans la situation complexe des sociétés modernes.

Si les bases philosophiques de la médecine ont changé depuis un siècle par le fait de ses rapports nouveaux avec la science, son objet n'a pas été moins modifié d'autre part, en raison des exigences imprévues d'un soudain accroissement de la population et d'un rapide progrès dans l'organisation sociale. On ne peut méconnaître que, dans les temps modernes, il y eut de grandes accumulations d'hommes entassés dans des conditions insalubres, et que cet état sanitaire a été l'objet des préoccupations du public. Il y a eu à coup sûr de grandes collections d'hommes avant l'ère chrétienne : dans l'ancienne Rome, l'encombrement dut être grand ; un code sanitaire minutieux et sévère fut imposé au peuple juif au temps de l'Exode. Rome ne négligea pas les précautions sanitaires ; mais on peut dire que l'antiquité n'eut, en général, ni de très-grandes cités permanentes, ni des codes sanitaires bien réguliers. A notre époque, au contraire, un des caractères particuliers de la vie moderne, ainsi que le montrent les statistiques, c'est la tendance à l'accroissement de la population dans les grandes villes. Ainsi, en Angleterre, de 1841 à 1851, sement de 23 pour 100, et dans la période décennale suivante, de 1851 à 1861, cet accroissement a été, en France, pour les villes de la même importance prises collectivement, de 50 pour 100.

L'hygiène publique. — A notre époque, la médecine publique préventive est devenue une branche importante des sciences médicales. Imparfaitement développée jusqu'ici dans notre pays, elle a pris une plus grande importance chez quelques nations du continent ; elle s'est surtout développée de la plus noble manière aux États-Unis. Elle est parvenue, sur quelques points, à un haut degré de perfection, comme, par exemple, dans certains départements de l'armée ; elle a fait aussi de grands progrès dans la marine, et dans presque toutes les parties de la vie civile. Pourtant nous n'osons affirmer que toutes les éventualités graves de la vie moderne aient été prévues et éclairées de cette vive lumière qui permettrait à chacun de se mettre en garde contre elles.

Je sortirais des limites que je dois me tracer, si je tentais d'esquisser le tableau de l'état réel de la science sanitaire dans ce pays. Déjà elle a sa bibliothèque, et ses principes fondamentaux sont posés, son utilité est reconnue. On a exagéré les prétentions de la médecine publique. Ce qu'elle demande en ce moment, c'est une organisation administrative propre. L'admirable travail lu à Dublin, l'an dernier, par le docteur Rumsey, a été suivi de résultats importants dont le docteur Stewart a fait l'objet d'un rapport spécial. Ce n'est pas ici le lieu où ces questions doivent être discutées. Il suffira de dire que nous avons des raisons d'espérer que nous verrons les rapports qui doivent exister entre ce département des sciences médicales et la société en général fixés définitivement par une commission royale.

Il ne nous appartient pas d'interpréter les intentions de cette commission, mais il est permis de s'attendre à ce que l'un de ses résultats soit l'élévation de la fonction d'officier de l'hygiène publique au rang de profession reconnue par l'État. Il n'est pas rare aujourd'hui d'entendre dire d'un jeune homme qui se dévoue à l'amélioration de la santé publique qu'il perd son temps et sa peine. Désormais il n'en sera plus de même, et le soin de la santé publique sera considéré comme un objet d'honorable ambition dans le corps politique; on s'y préparera par une éducation spéciale, comme à un but qui ne le cède en importance à aucun autre service public. Il appartiendra au gouvernement de définir les devoirs des officiers de la santé publique, et le conseil général des études médicales sera mis en demeure de diriger l'éducation de ceux qui aspirent à être chargés de ces fonctions (1).

Quelle sera cette éducation, nous ne pouvons le prévoir ; mais il nous suffira de dire que, sans une forte éducation première et sans une étude approfondie des grands problèmes que fait naître l'accroissement de la population, tels que la fluctuation des salaires, les droits du capital et ceux du travail, les devoirs de la propriété, les principes de morale, la direction qu'il faut imprimer à l'éducation du peuple, aucun homme ne peut prétendre à discuter avec sécurité les questions auxquelles l'État doit répondre par l'institution de la médecine préventive. Sans cette préparation nécessaire, on serait exposé à se laisser égarer par des doctrines dictées par

(1) Voyez, dans notre dernier numéro, page 745, une lecture de M. Max von Pettenkofer *sur l'hygiène publique en Allemagne.*

un ignorant égoïsme, qu à favoriser, malgré soi, des ordonnances oppressives suggérées par une philanthropie spéculative ; cela ne pourrait manquer d'arriver si l'on ignorait le poids réel des charges qui finissent à la longue par peser sur le travail du peuple par le fait d'une administration civile.

Je n'ai pas parlé ici des problèmes qui naissent de la condition des grandes villes. C'est là le thème d'une partie de la littérature à sensation de ce jour. Les admirables rapports publiés par M. Simon avec la sanction du conseil privé, les tableaux graphiques du docteur Farr dans les comptes rendus de l'état civil, les papiers des officiers de la santé métropolitaine, les rapports sur l'Irlande par le docteur Burke, et de l'Écosse par le professeur Gairdner et d'autres, et le mémoire du docteur Morgan, ont intéressé d'abord, puis inquiété l'esprit public. Depuis longtemps familiarisé avec la pauvreté, le chagrin, les peines et les crimes qui en résultent, sachant par expérience ce que renferment ces mots « que le pauvre vous soit sacré », je ne connaissais pas encore toute la profondeur de l'abîme, lorsque, admis à partager les travaux du comité, je me trouvai tout à coup face à face avec ces redoutables problèmes, et que j'eus à examiner la situation d'un enfant, d'une fille qui, née dans un workhouse d'une mère prostituée, élevée dans ce workhouse, puis, à la sortie de l'enfance, jetée aux faubourgs de la ville, devient enceinte en même temps qu'elle est infectée du poison syphilitique avant même l'âge de la puberté, et met au monde un enfant syphilitique. Je ne connus toute l'étendue de ce problème que lorsque ces faits m'apparurent, non isolés, mais par centaines et répandus sur un grand nombre de districts. Où et comment ces maux terribles peuvent-ils être arrêtés ? C'est ce que sait seulement celui qui peut dire les causes qui ont désolé les royaumes de l'Asie et nous livrent les ruines de cités dont les noms mêmes sont perdus. Mais il nous appartient, peut-être plus qu'à toute autre classe de la société, de veiller à ce que nul remède à ces maux, si précaire, si partiel qu'il soit, ne vienne à être négligé, et de ne perdre aucune occasion d'appeler sur ce sujet l'attention des membres privilégiés de la société.

Je n'ai nullement la prétention d'examiner ici les rapports des sciences médicales avec les habitudes de la haute classe, avec les conditions de la société moderne qui surexcitent le système nerveux, engendrent des efforts épuisants et conduisent à l'existence la moins salubre : c'est là un sujet qui demanderait de trop longs développements................

La médecine et la foi. — Il y a une autre question qu'il serait fâcheux de passer sous silence, bien qu'elle soit délicate : je veux parler des relations de la médecine moderne avec les croyances spiritualistes. La raison qui fait qu'un homme prudent à l'excès éviterait toute allusion à ces croyances, c'est qu'il craindrait de se perdre dans les méandres d'une controverse irritante dans laquelle il se heurterait au monde clérical.......... Mais, en réalité, nous ne pouvons fuir devant cette question, et voici pourquoi : Nous sommes des hommes comme les autres, et nous vivons même dans des rapports plus intimes avec l'homme qu'aucune autre classe de la société. Sans doute on a dit : « *Ubi tres medici, ibi duo athei* », et les attaques dirigées récemment dans le sénat français par les cardinaux contre la faculté de médecine de Paris (1) montrent que le grief contenu dans cet aphorisme n'est pas oublié en France. Il s'est produit dans notre pays quelques signes d'une méfiance analogue. En fait, les membres du corps médical ne sont, dans leur vie intime, ni plus ni moins religieux que le reste de la société où ils vivent. En tant que corporation, ils sont gens pacifiques, sérieux, se mêlant peu, trop peu aux questions du jour et rarement avec violence. A la vérité, l'enthousiasme religieux n'est pas commun parmi eux ; ils ne connaissent guère le fanatisme ; on peut dire d'une façon générale, qu'en tant que médecins, ils se tiennent éloignés de toute discussion religieuse, soit intérêt, soit usage. Mais il y a une raison plus profonde qui fait qu'ils se tiennent éloignés de ces discussions, que les professeurs de théologie le sachent bien : c'est que personne ne connaît, comme les médecins, les réalités de la nature humaine, ses phénomènes, ses conditions, ses souffrances et ses besoins. Pour le médecin, la nature du corps est bornée dans sa beauté et sa laideur, dans sa formation, son accroissement, son déclin et sa dissolution. Les rapports de l'homme avec les autres formes de la vie, sa ressemblance ou sa dissemblance avec les brutes irresponsables non raisonnantes ou demi-raisonnantes, sont des questions vitales pour tout esprit que touchent les idées d'homologie anatomique, les relations des fonctions aux organes, les lois de la transmission héréditaire et l'évolution des attributs moraux comme celle des qualités physiques dans la série animale. Le médecin voit dans le corps de l'homme l'instrument matériel de la pensée...

L'éducation médicale. — Il y a nécessité, pour le médecin, de discipliner, dès l'enfance, toutes ses facultés, d'apprendre à entrer en sympathie avec tout ce qui est bien et beau, à exercer tous ses sens, vue, toucher, ouïe, de façon à leur donner le plus d'acuité et de précision possibles. Lorsqu'on dit qu'à l'époque actuelle il n'y a qu'une sorte d'éducation qui soit valable, à savoir, celle qui repose sur la méthode scientifique (1), il semble qu'on oublie la plus riche partie de nous-même, c'est-à-dire les relations d'homme à homme, le plus délicat côté de notre nature : la sympathie pour le bien, l'imagination, la générosité, le dévouement. Ces facultés ne sont-elles pas nécessaires pour le succès dans notre profession, tout autant que le sont les efforts intellectuels des observateurs scientifiques les plus sagaces ? Prenons un exemple : l'influence des beaux-arts sur le développement de certaines qualités de l'esprit. Je ne parle pas du soin qu'il faut apporter à la partie technique des beaux-arts ; là, comme dans les carrières savantes, une grande somme de travail assidu est nécessaire : sans cela, on ne devient ni un dessinateur, ni un musicien de quelque mérite. Mais prenons les beaux-arts au point de vue de l'influence qu'ils exercent sur la tournure et sur le développement de l'esprit. Non-seulement la musique et la peinture disciplinent les sens de la vue, du toucher et de l'ouïe à un haut degré, mais elles exercent une action puissante sur l'imagination et sur l'intelligence. Il y a comme un raffinement de tact et de goût que donne cette étude des maîtres de la musique, de l'architecture, de la peinture et de la sculpture, et qui ajoute à la vie et au caractère d'un homme, quelle que soit sa profession, un charme particulier et que rien ne saurait remplacer.

Ce n'est pas que je désire voir élever tous les hommes comme s'ils devaient être peintres ou musiciens. Les mathématiques sont bonnes pour apprendre à l'esprit à raisonner avec cer-

(1) Voyez ci-dessus, page 377, numéro du 16 mai 1868, et pages 409 et 423, numéro du 30 mai 1868.

(1) Voyez ci-dessus, page 665, numéro du 19 septembre 1868, une leçon de M. Huxley sur *ce que doit être une éducation libérale*.

titude. Les mathématiques peuvent être oubliées, on peut ne plus se souvenir des détails techniques de cette science, mais la précision et l'exactitude dont l'esprit a contracté l'habitude dans la pratique de cette science seront désormais acquises. De même la dextérité de l'œil et de la main pour le dessin et la musique peuvent se perdre, mais la délicatesse de perception de la forme, de la couleur et du son, et l'impression produite par l'étude et la culture des beaux-arts resteront et imprimeront un caractère élevé à l'ensemble de l'esprit de l'homme. Le développement excessif d'une partie de notre nature détruit l'harmonie de l'ensemble. Certaines qualités qui, poussées, à l'excès, sont nuisibles, deviennent, quand elles sont à leur place et subordonnées, anoblissantes pour l'esprit. Il serait hors de propos de tenter ici une analyse complète de cette question de l'éducation. Je ne veux retenir de ce qui précède qu'une protestation contre cette pensée, à savoir, que les sciences exactes répondraient à tous les besoins de l'éducation du médecin. De tous les hommes, je le répète, ce sont eux qui ont le plus besoin du développement harmonique de toutes les bonnes qualités de leur nature, en même temps qu'ils doivent être formés par la méthode scientifique. A notre époque, les principes qui président à l'éducation des enfants doivent être discutés avec une grande largeur de vue et appliqués avec une extrême précaution. Il n'y a pas de partie, parmi les devoirs d'un homme d'État, qui engage plus gravement sa responsabilité que celle qui a pour objet de préparer les enfants de la nation à la lutte intellectuelle, religieuse et matérielle qui certainement les attend....................

H. W. ACLAND,
Professeur à l'université d'Oxford.

— Traduit de l'anglais par P. LORAIN,
agrégé à la Faculté de médecine de Paris. —

FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON.

GÉOLOGIE.

COURS DE M. FOURNET

(Correspondant de l'Institut).

Les transports diluviens de la dépression nord-sud du Rhin et de la Saône.

1° La question des blocs erratiques récemment mise à l'ordre du jour est nécessairement liée à celle du vaste cailloutis auquel ils sont associés, et que l'on considère assez volontiers comme ayant été charrié par des torrents diluviens, tandis que le déplacement des monolithes serait le résultat des actions glaciaires. Mais, en général, si l'on s'est beaucoup occupé de ceux-ci, il n'a été accordé qu'une assez faible attention à la menuaille, qui cependant joue, dans l'ensemble des matériaux de transport, un rôle bien autrement important que la grosserie. Ces débris divisés ont comblé des vallées entières. Il en est dont certaines étendues n'ont été ensuite creusées que dans leur masse, et souvent ce creusement ne s'est effectué qu'à plusieurs reprises par des courants dont la puissance ou bien la persistance successivement décroissantes produisirent les découpures caractéristiques des *vallées à étages*. D'ailleurs, pour un point donné, ces afflux ne sont pas toujours arrivés du même côté ; il est même certain qu'antérieurement ils ont affecté des directions fort différentes de celles qu'ils suivirent plus normalement à des époques postérieures.

2° Nous avons un exemple remarquable de ce fait le long de la falaise dite des *Étroits*, au bout de laquelle la Saône s'échappe de Lyon pour se jeter dans le Rhône. Ici, entre les saillies primordiales de la Mulatière et du tunnel de Saint-Irénée, une dépression a été comblée jusqu'à 30 mètres environ au-dessus du niveau de la Saône par des argiles, des sables et des cailloux granitiques provenant des roches de nos montagnes occidentales. Au premier aspect, on se croirait là en présence du débouché de quelque vieux lit torrentiel, tel qu'en pourrait produire l'Izeron actuel, si la partie supérieure de l'escarpement ne se montrait exclusivement composée de galets alpins jusqu'aux sommets des plateaux de Saint-Irénée et de Fourvières.

Eh bien ! le pied du Jura présente un phénomène en tout pareil non loin de Courtavon, près de Ferrette. Là, à l'entrée de Fertrouse, j'ai constaté l'existence d'un diluvium essentiellement calcaire, contenant des blocs souvent fort gros et dont l'ensemble est accumulé dans une gorge très-creuse. Certes, sa présence en ce lieu n'a rien d'extraordinaire ; mais d'abord, comme jamais ailleurs, dans le pays, il n'a été fait mention d'une constitution minéralogique de ce genre, je dois signaler le fait en passant, afin de provoquer, pour d'autres localités, des recherches dont le résultat serait fort intéressant au point de vue du moment.

3° Encore n'est-ce pas tout, car la même station est dominée par un plateau que recouvre un cailloutis évidemment détaché des Alpes, des Vosges, et de plus loin encore, comme je l'expliquerai bientôt. Le contingent vosgien, représenté par ses cailloux de porphyres, mélaphyres, granits, grauwackes, etc., est facilement reconnaissable, et j'ajoute que son arrivée se conçoit aisément à l'égard d'une station située en face de la chaîne des Ballons.

D'autre part, on ne refusera pas d'admettre l'arrivée des quartzites alpins au travers des défilés du Jura, dès que j'aurai rappelé, d'après M. Thurmann, la rencontre de blocs diluviens sur le Chasseral, aux altitudes de 1100 et même 1200 mètres. Près de Courtavon, en particulier, un col profond a permis l'établissement d'une grande route entre Délémont et Saint-Ursanne, c'est-à-dire du bassin du Rhin dans celui de la Saône, de sorte que leur descente de la Suisse en Alsace devient un fait fort simple.

Mais une autre circonstance bien inattendue consiste dans la réciproque, en ce sens que M. l'ingénieur Quiquerez vient de découvrir de petits cailloux des Vosges dans la partie supérieure du val de Délémont. Que conclure de cet ensemble de données, sinon qu'à de certains moments de ces époques qualifiées du titre de diluviennes, régnait un régime très-désordonné ? Nos bassins étant à peine creusés, les eaux passaient volontiers d'une concavité dans une autre, et il nous reste à reconstituer cet état des lieux, ce qui sera fait un jour, malgré l'effroi qu'inspirent aux glaciéristes des déblais qu'ils considèrent comme trop démesurés pour être admissibles.

4° Ceci posé, agrandissons le champ des aperçus qui résultent de l'étude détaillée des cailloux de mon point de départ en faisant remarquer que, parmi les pierres roulées du plateau de Fertrouse et, pour bien dire, de l'ensemble de la région environnante, il en est qui présentent les caractères des quartzites du Hundsruck. Non-seulement leur grain est plus vitroïde ou moins [redacted] celui de la roche de même

nom des Alpes, mais elles s'en distinguent encore par leurs teintes foncées, rouges ou brunes, le quartzite alpin étant au contraire généralement blanc, jaune pâle ou bien légèrement rose.

Une pareille différence devant être prise en considération, j'ajoute qu'en face du Hundsruck, près de Kreuznach et de Lohr, j'ai vu de belles couches diluviennes, dans lesquelles abondent des blocs atteignant deux ou trois fois la grosseur de la tête. J'en rencontrai même à d'assez grandes hauteurs, et entre autres sur le Lemberg (alt. 420 mètres ?), où un ancien mineur de la localité, que je m'avisai de questionner au sujet de leur origine, me soutint vivement qu'ils étaient nés sur place ; mais un géologue distingué du pays, M. Weinkauf, m'expliqua plus catégoriquement que trois diluviums principaux se font remarquer dans cette contrée. D'abord, sur les sommités qui dominent le Bingerloch, le plus ancien est surtout caractérisé par l'abondance des vieux quartz ou quartzites. A un niveau inférieur apparaissent les cailloux porphyriques, et finalement les vallées sont occupées par des alluvions plus récentes, riches en mélaphyres.

5° Eh bien ! dans la plaine du Sundgau, le parvis de l'église de Belfort et, plus près du Jura, le sommet du Signal d'Altkirch n'ayant que des altitudes de 364 à 381 mètres, il devenait très-admissible que les masses quartziteuses déposées dans le bassin de la Saône proviennent au moins en partie du Hundsruck (Dos de chien), prolongement extrême des Vosges compris entre le confluent du Rhin avec la Moselle, misérable pays dont les culminances atteignent 600 mètres.

Toutefois rien n'oblige à imaginer que le voyage de ces quartzites jusque vers le bassin de la Saône s'est effectué d'un seul jet. Ils abondent déjà dans les conglomérats du grès rouge d'Oberstein qui, à vrai dire, n'est qu'un diluvium ancien, plus remarquable que le nouveau, en ce sens que les cailloux ou blocs ont été cimentés par des infiltrations siliceuses. On les découvre ensuite dans certaines assises du grès vosgien, entre autres dans celles dont les falaises couronnent les hauteurs de Guebwiller (Haut-Rhin), et comme, à partir d'ici jusque dans le domaine rhodanien, le parcours n'est plus qu'un jeu, mes étapes pourront satisfaire les esprits les plus timorés.

6° Au surplus, j'espère dissiper tous les doutes au sujet du gîte originaire de ces quartzites en rappelant d'abord, d'après mon ami M. Engelhardt, que M. Haas, l'ancien directeur des forges de Niederbronn, trouva dans la vallée de Jœgerthal un caillou de ce genre contenant un *Spirifer* de l'espèce de ceux qui sont inclus dans le dévonien des environs de Coblentz ; l'échantillon fut remis à M. Voltz, et déposé au musée de Strasbourg, où il se trouve encore. De plus, dans son excellent *Mémoire sur les différentes formations du système vosgien* M. Élie de Beaumont admettait déjà que ces diverses variétés de quartz grenus et compactes proviennent de la destruction des roches de transition qui se montrent à Sierck, sur les bords de la Moselle aussi bien que dans le Hundsruck.

Enfin, je complète ces indications en mentionnant la présence des conglomérats du grès vosgien à Levoncourt, ainsi que sur d'autres points au-dessus de Courtavon. Ils y sont parfaitement roulés, et leurs parties, composées de quartz blanc laiteux, de quartzites, de schistes endurcis, déjà roulés antérieurement, mais reliés par un ciment siliceux, ont acquis une telle solidité, qu'elles ont très-bien résisté à ce dernier déplacement.

La progression des remuements diluviens depuis la Moselle jusque dans la Haute-Saône étant admise, on conçoit la possibilité d'en retrouver les vestiges beaucoup plus bas. Cependant ce ne serait pas sans peine, car d'abord, en continuant à cheminer dans ce sens, ces pierrailles ont dû s'user et se réduire en grenailles à peu près méconnaissables. C'est du moins ce qui tend déjà à se manifester dans le cailloutis de Besançon. Il permet de faire des collections identiques avec celles que l'on obtiendrait à Courtavon, à cette différence près que ces pierrailles sont généralement plus atténuées autour de la cité franc-comtoise, et l'on peut, d'après cela, juger de ce qui arriverait davantage au sud.

7° Indépendamment de cette circonstance, il faut faire la part des arrivages latéraux provenant des montagnes qui encaissent la longue dépression nord-sud que parcourent le Rhin et la Saône, malgré leurs pentes inverses. En effet, ces apports souvent très-modernes ont au moins recouvert les nappes anciennes, lorsque leurs matériaux ne se sont pas brouillés avec elles, et, dans tous les cas, nous voici en présence d'un nouvel ordre de faits de nature à mériter quelques détails. Son développement, quelque sommaire qu'il doive être, sera pour nous d'autant plus intéressant, qu'il s'agira surtout des roches les plus décidément propres au domaine lyonnais.

Reprenant donc notre itinéraire du nord au sud à partir de l'Alsace, contrée subvosgienne, je fais remarquer que les portions des plaines situées en contre-bas des vallées entaillées dans les grès rouges sont presque partout recouvertes de terres identiquement colorées et détachées de la chaîne voisine. Or, ce même genre de relation pouvant s'établir encore ailleurs, on imaginera sans peine que chaque changement notable dans les roches des montagnes pourra être représenté par une modification correspondante dans les sédiments de la région sous-jacente, de sorte que déjà une grande variété de terrains serait un des résultats ordinaires de ces apports superficiels.

D'ailleurs, je viens de le dire, dans le bassin de la Saône, la question se complique de l'intervention des chaînes encaissantes. D'un côté domineront les contingents latéraux des montagnes bourguignonnes, beaujolaises, et sur l'autre bord on remarquera surtout ceux des Alpes ainsi que du Jura. Toutefois, considérant qu'abstraction faite de la part orientale, il reste encore un champ d'études bien suffisant pour faire comprendre la portée des phénomènes, je concentre mon attention sur la ligne occidentale en faisant d'abord ressortir les conditions hydrographiques ou orographiques qui distinguent la Haute-Saône d'avec le Haut-Rhin.

7° Au premier aspect, on ne voit de part et d'autre que des plaines élevées ou des plateaux dont l'altitude a été indiquée précédemment, et qui semblent se suivre sans aucun écart. Mais comme il faut aussi tenir compte de leurs dispositions par rapport aux montagnes, j'observe bientôt un défaut de symétrie en vertu duquel les deux bassins, considérés dans leur ensemble, ne sont pas alignés suivant l'axe hydrographique S.-O.-N.E., représenté par la ligne du canal du Rhône au Rhin, depuis Besançon jusqu'à Mulhouse. Celui de la Haute-Saône se dilate largement vers l'ouest, tandis qu'il est très-étriqué le long du Jura, et cette circonstance tient à ce que les Vosges ne sont pas le prolongement des montagnes de la Côte-d'Or. Loin de là, elles se terminent brusquement à la rencontre de la chaîne des Ballons, si judicieusement distinguée par M. Élie de Beaumont, et qui elle-même se jette rec-

tangulairement à l'ouest jusqu'à la rencontre du plateau de Langres, dont la tranche, à son tour, court au S. O. de manière à effectuer un raccordement avec la Côte-d'Or.

De cette coordination provint l'établissement, entre Giromagny, Darney et Saint-Seine, d'un vaste hémicycle auquel son rebord haut de plus de 400 mètres permit de contenir les eaux diluviennes après leur débouhé de l'Alsace dans notre bassin par le défilé d'Altkirch, de façon qu'elles ne sont pas jetées du côté de la Seine. Je n'ai point vu de cailloux étrangers sur le trajet de Lamarche à la ferme de Rappéchamp (alt. 405 mètres), où se trouve une source dont on peut à volonté détourner les eaux de façon à les faire écouler vers l'Océan en les dirigeant vers le Mouzon, ou bien à la Méditerranée par le ruisseau de la Fontaine-au-Feu, qui est un affluent de la Saône naissante. D'autre part, sur la partie du plateau comprise entre Langres et la source de la Marne (Marnotte), certaines larges concavités qu'au premier aspect on aurait pu confondre avec des érosions diluviennes, se sont trouvées n'être que des tassements du sol après un examen plus approfondi.

Enfin, comme tout porte à croire qu'un écoulement ainsi étranglé, puis dévié, finalement dilaté sur la plaine, dut être actif, tourbillonnant et rongeur, nous avons tout ce qu'il faut pour expliquer la corrosion des étages marneux de la concavité, la mise à nu ainsi que les accumulations de leurs pyrites, dont dérivent les minerais de fer pisolithiques du pays avec leurs gîtes, qui sont les plus étranges formations qu'il soit possible d'imaginer.

8° La disposition de ces gîtes varie à l'infini depuis la couche horizontale jusqu'à celle de faux-filons encaissés dans les crevasses du calcaire. Quelquefois encore, celles-ci sont réduites à l'état de simples tubulures, d'entonnoirs largement ouverts vers la surface, ou bien de poches et d'amas souterrains correspondants à d'anciennes cavernes.

Leur remplissage est non moins bizarre. Dans l'état complet, il consiste en un pétrissage de minerais associés à des hydrosilicates alumineux jaunes, blancs, rouges, en ségrégations manganésiennes, en gypses, en silex, en cailloux, en fossiles ou autres débris étrangers plus ou moins corrodés, et en lehm aussi intact que celui de la superficie; de sorte qu'une tranchée met en évidence la chimie la plus désordonnée, la plus fantastique qu'il soit possible d'imaginer.

Du reste, le minerai proprement dit n'affecte pas toujours la structure oolithique normale. Il arrive que plusieurs globules se sont concrétionnés ensemble pour se laisser ensuite envelopper par une écorce commune et de même nature. Plus loin on rencontre des rognons plus ou moins volumineux que leur centre parfois creux fait passer à l'état d'*aétites*. Enfin, des formes lenticulaires et des plaquettes à texture compacte complètent cette série minéralogique.

9° Les amas ou nappes de ces minerais sont dispersés depuis les environs de Belfort jusqu'à proximité de Dijon; mais leurs gîtes principaux s'étendent le long des deux rives de la Saône, entre Scey et Pesmes. D'ailleurs, tout le pays compris entre Belfort, Gray et Mirebeau présente à un haut degré l'empreinte diluvienne; et si les minerais sont plus riches sur un point que sur d'autres, c'est tout simplement parce que les actions chimiques dont ils sont le produit y ont trouvé des amoncellements de pyrites mieux dégagées de leurs marnes par le lavage diluvien.

10° Au surplus, pour établir définitivement la théorie de ces étranges minerais, j'ai depuis mon séjour à l'École des mines en 1822, visité tour à tour les gîtes étalés sur les plateaux de Bédarrieux (Hérault); ceux qui sont en voie de formation sur les hauteurs de Soyons (Ardèche); les nombreux amas encastrés dans les calcaires de la Drôme; les couches ainsi que les crevasses, les tubulures et les cavernes ferrifères de la Haute-Saône ou du Haut-Rhin; les masses de Courtavon et du pays de Délémont; enfin, Rustrel près d'Apt, aussi bien que Candern (Bade); tous ces gîtes, dis-je, m'ont ramené à la même idée, malgré leurs apparences discordantes, et je ne doute guère de la possibilité d'y rattacher la bauxite des Baux, dans les environs d'Arles. Partout l'état pyriteux primitif est indiqué, soit par des cristaux cuboïdes, soit par des ammonites ou autres fossiles épigénisés. Les sulfates engendrés par l'oxydation ont fait le reste en attaquant les marnes de façon à produire ces marbrures versicolores des argiles, les séparations de la silice, la formation du gypse, les concrétions de toutes formes entre lesquelles dominent les configurations oolithiques.

11° Dans cet ensemble, le minerai de Rustrel est plus spécialement résinoïde; aussi faut-il ne pas perdre de vue que ce genre d'amorphisme n'est encore qu'une manière d'être des consolidations vitrioliques, et ce qui est bien plus digne d'attention, ce sont les portions d'oligiste métalloïde qu'on rencontre dans le dépôt oolithique et terreux qui couvre un plateau des environs de Bédarrieux. Elles sont évidemment des représentants du phénomène de la rubéfaction auquel je rattache aussi les *sinémurites* métalloïdes des environs de Semur; mais j'avoue n'avoir pas de prime abord soupçonné qu'il pût se produire avec un si grand degré d'intensité dans les conditions des minerais de l'Hérault.

12° Arrêtant ici l'exposé sommaire de mes études sur ces minerais de fer diluviens, je me reporte encore pour un moment aux analyses de M. Berthier. Déjà il avait constaté la présence d'un peroxyde anhydre dans certains peroxydes hydratés du genre en question. Sans doute celui-ci était resté terreux ou simplement compacte; mais ce n'en était pas moins un acheminement vers mon oligiste. D'autre part, ses fers titanés cristallisés, métalloïdes, épars dans les mêmes minerais, appartiennent aussi aux effets de cet ordre, en offrant de plus cette particularité curieuse de se compliquer de l'intervention du titane, métal réputé rare. Elle ne s'explique qu'en vertu de la tendance à la réunion et à la cristallisation, dont la nature offre tant d'autres exemples. Quelque minimes que soient les doses, elles se rencontrent avec l'aide du temps, et une nouvelle espèce est composée. Ici donc la chimie minérale, travaillant sur ses infiniment petits, opère une analyse que sa délicatesse rend, jusqu'à un certain point, comparable aux miracles de l'analyse spectrale.

13° Enfin je pense qu'il n'est plus besoin de longs préambules pour arriver à expliquer que ces formes oolithiques, développées sur une grande échelle, peuvent ne pas être le résultat d'un roulis. Elles sont encore moins celui de la pétrification d'œufs de raies, de morues, d'écrevisses, de crabes, de moucherons, comme l'ont supposé d'anciens minéralogistes, et plus récemment M. Virlet, à l'égard des configurations calcaires du même genre dont j'ai parlé en 1853 (*Ann. de l'Acad. de Lyon*). Mais ici surgit le fait d'une remarquable aptitude de l'hydroxyde de fer et du carbonate de chaux à se concréter d'une façon identique, malgré la dissemblance des bases et des acides, puisque, dans l'un des cas, le dissolvant est

l'acide sulfurique, tandis que, dans l'autre, il s'agit de l'acide carbonique, et que d'ailleurs les réactions n'offrent aucune analogie dans leurs détails. Cependant on répugnera d'autant moins à admettre le rôle des pyrites qu'il a été également constaté en 1859 par M. Deffner, excellent minéralogiste, fabricant à Esslingen et membre de la chambre des députés du Wurtemberg.

14° En poursuivant les recherches dans la Haute-Saône, on ne tardera pas à remarquer qu'il ne s'agit pas d'un seul diluvium. Les minerais de fer échelonnés à des hauteurs très-différentes, de même que les dépôts récents d'Angirey, de Saint-Quillain, de Vesverottes, font supposer que le pays était déjà découpé par de premières érosions, lorsque survinrent de nouveaux écoulements torrentiels qui, remaniant les pisolithes, les mélangèrent avec des débris d'encrines, de térébratules et autres fossiles silicifiés, de manière à étaler le tout en nappes superficielles, exploitables dans certains cas, comme, par exemple, près de Chatenois, aux environs de Belfort.

Ailleurs, à Beire et Mirebeau, le même mouvement se décèle par des dépôts de graviers exploités pour l'entretien des routes, et cela sur des points où n'existe aucun cours d'eau à proximité. En les examinant de près, on y découvre, indépendamment des veines d'un sable jaunâtre, de rares globules de minerai et des incrustations calcaires à la surface des cailloux. Bien plus, sur le plateau d'Arceau et d'Arcelot, celles-ci ont bétonné çà et là des cailloutis également mélangés de sables et de grains ferreux, de sorte que le phénomène n'est qu'une contrefaçon de celui qui se fait remarquer le long des balmes de la Saône, près de Lyon; mais dans la Haute-Saône, où les cailloux calcaires abondent davantage, on distingue à leurs surfaces de plus fréquents indices de corrosions du genre de ceux qui proviennent du traitement par un acide. Du reste, l'action se soutient à notre époque; pour la produire, il suffit de l'acide carbonique qu'amènent les eaux pluviales, et, en tout cas, il ne s'agit plus de dissolutions ferrugineuses.

Les autres matières pareillement roulées par les eaux consistent en silex modernes et en quartz laiteux anciens. Quoique ceux-ci soient assez nombreux, surtout à Velesme, ils sont beaucoup plus usés que les autres et réduits à la grosseur du pouce, tandis que dans le pays plat de Granvelle, au milieu de cailloux et de terres variables du blanc au jaune orangé presque rouge, on voit des blocs calcaires atteignant deux ou trois fois le volume de la tête. Que conclure de là, sinon qu'ils sont venus de beaucoup moins loin que le quartz laiteux.

15° Au surplus, d'après les explications d'un maître mineur du pays, des cailloux de diverses natures ont pénétré jusque dans les crevasses du calcaire, et je pense qu'à cette occasion, il est inutile de mentionner les galets des Vosges, dont le gîte est pour ainsi dire vis-à-vis de ces stations; mais je ne dois pas passer sous silence ma découverte d'un granit du Morvan, également arrondi, ayant deux fois la grosseur du poing. Il était là, couché parmi les déblais des carrières, et l'on me dit que les analogues ne sont pas rares dans les champs voisins. Pour expliquer cette venue du Morvan, il suffit de considérer que, malgré sa position très-occidentale, ce pâté montagneux n'appartient pas entièrement aux versants de la Seine et de la Loire. Ses rampes granitiques s'étendent aussi du côté de la Saône, et en particulier jusque vers Arnay-le-Duc, dont l'altitude .... = 364 mètres.

Or, celle de Dijon étant de .... 245 —

il existe là une différence de niveau de .... 119 mètres.

Et d'ailleurs, comme on a pour la distance intermédiaire 48 000 mètres, il s'ensuit qu'entre les deux points, la pente est représentée par un angle de 9′, équivalant à une chute de 0,0025 par mètre.

Cet angle est de 2′ plus fort que celui qui est assigné par M. Elie de Beaumont à la partie de la Durance comprise entre le pont de Bonpas jusqu'à son embouchure dans le Rhône; et, d'autre part, le régime torrentiel de cette rivière étant bien connu, on admettra sans peine mon idée du transport des blocs morvandaux jusque dans le Dijonnais, par l'effet de quelque ancienne débâcle diluvienne.

16° Il est même possible que le phénomène ait coïncidé avec celui dont M. Élie de Beaumont nous montrait des vestiges dans la plaine de Grenelle, pendant les excursions de 1833, époque où j'avais la satisfaction de pouvoir me classer au nombre de ses auditeurs. Ce diluvium, comme il nous le faisait remarquer, n'a rien de vosgien. D'après ses indications, les matériaux dont il se compose appartiennent tous au bassin de la Seine (Seine-et-Marne, Yonne); les granits du Morvan y sont en grande abondance; on y trouve aussi des porphyres de ce massif. Mais jamais notre illustre professeur n'y a vu de quartzites des Alpes : les *petits pains* des bords du Rhône n'ont pas franchi la Côte-d'Or ; les quartzites vigoureusement colorés, rouges ou bruns, du Hundsruck, aussi bien les métaux en général, y font défaut. Il n'en faut pas davantage pour porter à croire que le diluvium parisien est parti à peu près du même point que celui de Dijon, c'est-à-dire du bief de partage du canal de Bourgogne (altitude 375 mètres), non loin duquel gisent les affleurements granitiques de Semur (altitude 431 mètres) et d'Avallon (altitude 300 mètres).

17° Actuellement il m'est permis de saisir l'occasion de faire remarquer que ces irradiations torrentielles sont nombreuses sur toute la ligne de nos montagnes occidentales. Parmi les exemples les plus dignes d'attention, je puis citer le bel *ösar* qui se trouve sur le trajet du Creusot à Autun, par le Mont-Jeu. Composé de cailloux d'arkose siliceuse, de blocs granitiques quartzeux, de la grosseur de la tête et plus, entremêlés de sables terreux, il s'élève à une trentaine de mètres au-dessus du fond de la vallée, à l'endroit de la jonction de celle du Mesvrin avec une gorge qui descend transversalement du mont Cenis. D'ailleurs, je rencontrai encore des lambeaux du même genre vers Chamont, Aizy, Précy-sous-Thil, etc. Dans l'espace lyonnais, nous avons aussi des exemples de ces convois, d'abord dans la vallée du Rhin qui tend vers la Loire, bien qu'on en ait nié l'existence sur ce versant. Mais les faits sont encore mieux marqués du côté de la Saône. En effet, nos vallées de l'Azergues, ainsi que de la Brevenne, montrent, indépendamment des lits de cailloux, les traces de trois ou quatre diluviums successifs, indiqués par des gradins qui sont faciles à observer entre Chessy et Lazanne. Encore est-il permis d'y ajouter les amoncellements des gorges latérales, comme, par exemple, celles qui mènent au Logis-du-Cerf et au Pont-Buvet. Enfin, ces cailloux ont dû traverser la Saône de façon à aboutir sous le cap de Trévoux, où se distingue une singulière intercalation de débris beaujolais et alpins, laquelle a cela d'important qu'elle démontre la contemporanéité des afflux respectifs sur cette partie.

Tous ces aperçus s'accordent d'ailleurs avec ceux qui concernent les divers diluviums du Hundsruck. Ils s'arrangeront indubitablement aussi avec un contingent alpin de la vallée du Rhône, où, d'après une obligeante communication de M. Falsan, une dernière nappe superficielle, étendue de Bourg à Lyon et au delà, du côté oriental, diffère notablement de celle qui s'étale autour du Doubs.

18° Au surplus, abstraction faite de ces arrivages latéraux, serait-il téméraire de supposer que les phénomènes du Hundsruck ont eux-mêmes été suscités par des causes plus lointaines encore, c'est-à-dire voisines du pôle? Dans la Laponie, la Finlande, la Suède, la Pologne, l'Angleterre, etc., MM. Brongniart, Sefstroem, Bothlingk et autres observateurs, ont partout remarqué des rochers dont les surfaces sont couvertes de stries orientées suivant des directions N., N. N. O., N. N. E., et devant, par conséquent, aboutir vers notre partie du continent. Et si je considère que les accidents du même genre se reproduisent sur la surface de l'Amérique, il me sera bien permis d'admettre qu'étant liés à une même cause, celle-ci a dû agir avec une énorme puissance, pour avoir pu ébranler à la fois les eaux des deux continents.

J. FOURNET.

UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE

(ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

M. AGASSIZ (1).

(de la Société royale de Londres et de l'Institut de France).

Les animaux et les plantes aux époques géologiques.

I. — SUCCESSION DES ANIMAUX ET DES PLANTES DANS LES TEMPS GÉOLOGIQUES.

Il ne semble pas que les géologues apprécient bien et dans toute leur étendue les rapports compliqués existant entre les animaux ou les plantes dont on retrouve les restes aux divers étages des formations géologiques. Loin de moi la pensée de dire que les travaux consacrés à l'examen des caractères botaniques ou zoologiques de ces restes ne sont pas remarquables par l'exactitude autant que par l'ingéniosité. Tant s'en faut; j'ai moi-même dévoué la meilleure partie de ma vie à l'étude des fossiles, et j'ai appris de bonne heure, par la difficulté même inhérente à cette étude, à apprécier hautement l'habileté merveilleuse, les puissantes facultés intellectuelles et la vaste érudition déployées par Cuvier et ses continuateurs dans leurs recherches sur les faunes et les flores des temps passés. Je ne peux cependant pas cacher l'étonnement où me jette la puérilité des discussions auxquelles certains géologues se laissent encore entraîner, en présence de cette immense collection de faits bien établis que possède la science moderne. C'est à peine s'ils ont appris à reconnaître qu'il existe, dans la succession des espèces innombrables aujourd'hui éteintes, un ordre défini. Quant au reste, il semblerait en vérité qu'ils n'aient jamais ouï dire un mot des rapports qu'il y a entre cette gradation et les autres traits généraux du règne animal, ni de ce grand fait que le développement de la vie est le trait proéminent de l'histoire de notre globe. Peut-être pensent-ils que ce n'est là qu'une spéculation vague, plausible peut-être, à coup sûr peu digne de l'attention du savant qui s'en tient à sa fonction.

Comme science, il est vrai, la paléontologie date d'hier. Elle a eu à tracer sa voie en luttant contre l'opposition infatigable et incessante de l'ignorance et des préjugés. Ce qu'il a fallu de travail et de patience pour faire admettre ce seul fait que les fossiles sont bien positivement les restes d'animaux ou de plantes ayant réellement vécu autrefois sur la terre, ceux-là seuls le savent à qui l'histoire de la science est familière. Il fallut prouver ensuite que ce n'étaient pas les ruines ou les débris laissés par le déluge de Moïse, car pendant quelque temps cette opinion prévalut parmi les savants eux-mêmes. Enfin Cuvier démontra, de manière à ne laisser aucun doute, que ces débris ne provenaient que d'animaux depuis longtemps disparus. De ce jour-là, la paléontologie acquit une base solide. Mais quel effrayant labeur fut ensuite nécessaire pour déterminer, sur des preuves directes, soit le mode de distribution de ces restes dans l'épaisseur de l'écorce solide du globe, soit les différences qu'ils présentent dans des formations successives, ou leur distribution géographique; ceux-là seuls peuvent s'en faire une idée exacte qui ont mis la main à l'œuvre! Et pourtant, aujourd'hui encore, combien de questions restent sans réponse!

Un point, cependant, est irrévocablement acquis. A chaque grande ère géologique, il a existé un certain ensemble d'animaux et de plantes, et cet ensemble a présenté des différences essentielles à chaque période. Par période, j'entends les plus petites subdivisions reconnaissables dans les couches successives d'assises et de roches qui constituent l'écorce stratifiée de notre globe; le nombre s'en accroît chaque jour, à mesure que les investigations gagnent en précision et en étendue. Ce qu'il reste à déterminer avec une rigueur de plus en plus grande, ce sont les affinités vraies de ces êtres passés avec les plantes ou les animaux actuels, et les rapports que ceux d'une période donnée avaient, soit entre eux, soit avec ceux des époques contiguës; ce sont les limites exactes de ces grandes ères du développement de la vie, le caractère des changements successifs subis par le règne animal, l'ordre spécial de succession des représentants de chaque classe; c'est, enfin, leur combinaison en faunes distinctes durant chaque période, sans parler des causes ou tout au moins des circonstances sous lesquelles ces changements ont pu se produire.

Avant de pouvoir établir une comparaison entre l'ordre de succession des animaux des âges anciens et certains traits saillants du règne animal, j'ai, sur ce point, encore quelques remarques à faire. Heureusement, je puis être court. Nous possédons en effet un traité de paléontologie, le *Traité élémentaire* de Pictet, disposé suivant l'ordre zoologique, et dans lequel on peut voir d'un coup d'œil comment les représentants de chaque classe du règne animal sont distribués dans les formations géologiques qui se succèdent. Ce coup d'œil rapide suffit pour qu'on s'aperçoive que certains types dominent pendant quelques périodes et disparaissent entièrement dans d'autres. La délimitation est remarquable et s'étend à des classes entières parmi les vertébrés. Dans les autres embranchements, elle n'atteint guère que les ordres ou les familles, si même elle ne s'arrête pas aux genres et aux espèces. Mais quelle que soit l'étendue qu'ils embrassent dans le temps, on doit reconnaître maintenant que, pour tous ces types, il

(1) Voyez ci-dessus pages 345, 643 et 673, numéros des 2 mai, 5 et 18 septembre 1868.

y a un parallélisme très-rigoureux entre leur ordre de succession et le rang relatif à assigner aux animaux du même type actuellement vivants ; — entre cet ordre et les phases du développement embryonnaire de ces mêmes types à l'heure présente ; — et même entre cet ordre et le mode actuel de distribution à la surface du globe. Quelques exemples rendront les choses plus claires. Parmi les échinodermes, les crinoïdes sont, pendant une longue suite de périodes, les seuls représentants de leur classe ; après eux viennent les astéries, puis les oursins dont les plus anciens appartiennent au type *Cidaris* et *Échinus ;* plus tard, les clypeastroïdes et les spatangoïdes. On n'a pas encore trouvé la preuve de l'existence des holothuries. Pour la classe des crustacés, on peut comparer l'admirable travail de Barrande sur le système silurien de la Bohême avec le mémoire du comte Münster sur les crustacés de Solenhofen et l'ouvrage de Desmarest sur les crabes fossiles. On voit immédiatement que les trilobites sont les seuls crustacés des roches paléozoïques les plus anciennes, tandis qu'il y a, à la période jurassique, une faune carcinologique entièrement composée de macroures, à laquelle furent adjoints les brachyures, durant la période tertiaire.

Les formations intermédiaires entre les roches paléozoïques les plus anciennes et le Jura contiennent des restes d'autres entomostracés, et les plus récentes celles de quelques macroures aussi. Dans ces deux classes, la succession des représentants dans les périodes diverses est en conformité avec leur rang respectif tel qu'il est déterminé par les gradations de la structure.

Parmi les végétaux, les Fougères et les Lycopodiacées prédominent à la période carbonifère ; à la période triasique, les Équisétacées et les Conifères prévalent. Ce sont les Cycadées et les Monocotylédonées qui l'emportent, dans les dépôts jurassiques ; plus tard seulement les Dicotylédonées prennent le dessus. La représentation iconographique de la végétation des anciens âges a, dans ces derniers temps, dépassé de beaucoup en exactitude toutes les tentatives faites pour représenter les traits caractéristiques du monde animal aux différentes périodes géologiques.

Sans qu'il soit nécessaire de donner ici les caractères de l'ordre de succession géologique des êtres, on peut, dès maintenant, tirer des faits mentionnés la conclusion suivante : Tandis que le monde matériel est toujours le même, à toutes les époques, dans toutes ses combinaisons et aussi loin que nous puissions retrouver en arrière, par l'investigation directe, les traces de son existence, au contraire les êtres organisés transforment sans cesse ces éléments toujours les mêmes en des formes nouvelles et en de nouvelles combinaisons. Le carbonate de chaux de n'importe quelle époque n'est jamais que du carbonate de chaux ; forme et composition, rien ne change, tant qu'il demeure soumis à la seule action des forces physiques. Mais que la vie soit introduite sur la terre, et de ce carbonate de chaux un polype bâtira son corail ; chaque famille, chaque genre, chaque espèce en aura un différent, qui variera encore à chaque époque géologique nouvelle. Le phosphate de chaux des roches paléozoïques est le même que celui que l'homme prépare artificiellement ; mais un poisson en fait ses épines, et chaque poisson fait les siennes à sa manière ; la tortue en construit sa crapace, l'oiseau ses ailes, le quadrupède ses membres, et l'homme, semblable en cela à tous les vertébrés, l'entière charpente de son squelette. Et, à chaque période qui se suit dans l'histoire du globe, toutes ces constructions sont différentes pour des espèces différentes. Où est l'analogie entre tous ces faits ? Ne décèlent-ils pas l'action de forces distinctes et qui s'excluent l'une l'autre ? Non, en vérité, la noble forme humaine ne doit pas son origine aux mêmes forces qui se combinent pour donner à un cristal sa figure définitive ! Or, ce qui est vrai du carbonate de chaux est également vrai de toutes les substances inorganiques ; toutes présentent, à tous les âges passés, les mêmes caractères qu'elles possèdent de nos jours.

Envisageons ce même sujet à un autre point de vue, et nous verrons qu'il en est de même quant à l'influence de toutes les causes physiques. Parmi ces agents, le plus puissant est sans contredit l'électricité. C'est le seul d'entre tous auquel, bien qu'à tort, on n'ait pas craint d'attribuer la formation directe d'êtres vivants. Les effets que l'électricité produit de nos jours, elle les a produits de tout temps et elle les produisait de la même manière. Elle a réduit les composés métalliques et quelques minerais et les a précipités sous forme cristalline, ou en filons, à toutes les périodes géologiques ; elle a transporté telle ou telle substance d'un point à un autre point, aux âges passés, comme elle le fait aujourd'hui dans nos laboratoires, quand nous recourons à elle. De même, l'évaporation qui a lieu à la surface de la terre. Aux époques antérieures comme de nos jours, elle a toujours produit dans l'atmosphère des nuages qui, après s'être accumulés, se condensaient pour retomber en pluie. Les empreintes de gouttes de pluie, dans les roches triasiques ou carbonifères, ont apporté jusqu'à nous le témoignage que les opérations des agents physiques étaient autrefois identiques avec ce qu'elles sont encore. Elles attestent que ces agents font aujourd'hui ce qu'ils faisaient aux époques géologiques les plus reculées et ce qu'ils ont fait dans tous les temps. Cela bien constaté, comment imaginer un rapport de causalité entre deux catégories de phénomènes si dissemblables : les uns obéissant toujours aux mêmes lois, tandis que les autres, à chaque période nouvelle, mettent en évidence des relations et des combinaisons nouvelles, dont la gradation toujours changeante aboutit, comme dernier terme de la série, à l'apparition de l'homme ? Qui ne voit au contraire que l'identité constante, à n'importe quelle époque, des produits de l'action des causes physiques témoigne énergiquement contre toute influence de leur part sur la formation d'êtres perpétuellement changés, et sur l'origine de ce monde organique dont l'ensemble déroule à nos yeux, de la façon la plus sensible, un enchaînement de pensées !

II. — Localisation des types aux ages passés.

L'étude de la distribution géographique des animaux actuels nous a appris que chaque espèce, animale ou végétale, a un habitat déterminé, et même que certains types particuliers sont circonscrits dans des limites définies de la surface du globe. Récemment, et depuis que les investigations des géologues ont pu atteindre les parties de la terre les plus éloignées, on a pu se convaincre que cette localisation spéciale avait eu également lieu aux âges passés.

Le premier, Lund signala ce fait ; il montra que, au Brésil, la faune, aujourd'hui éteinte, de la dernière période des anciens âges se composait de représentants différents des mêmes types qui prédominent à cette heure dans cette immense région. Owen a observé un rapport analogue entre la faune éteinte de l'Australie et les types qui vivent actuellement sur ce continent. S'il reste encore un naturaliste pour croire que

convaincre de son erreur.

On sait à quel point les édentés caractérisent la faune moderne du Brésil. Ce pays est la patrie des paresseux (*Bradypus*), des tatous (*Dasypus*), des fourmiliers (*Myrmecophaga*). Or, c'est aussi dans ce pays qu'on a trouvé les genres éteints, si extraordinaires, qui tous appartiennent à ce même ordre des édentés : le *Megatherium*, le *Mylodon*, le *Megalonyx*, le *Glyptodon* et quelques autres décrits par le docteur Lund et le professeur Owen. Quelques-uns de ces genres éteints d'édentés ont eu aussi, à la même période géologique, des représentants dans l'Amérique du Nord ; ce qui montre que, tout en étant confinée dans le même territoire, la distribution de ce type a été différemment limitée à des époques différentes.

L'Australie, aujourd'hui le séjour presque exclusif des marsupiaux, a fourni aussi un très-grand nombre d'espèces non moins remarquables de ce type et deux genres éteints. Les uns et les autres ont été décrits par Owen dans le compte rendu adressé en 1844 à l'Association Britannique et dans les *Expéditions de Mitchell dans l'intérieur de l'Australie*. Ces descriptions ont été complétées depuis.

Jusqu'à quel point des faits analogues peuvent-ils se rencontrer dans d'autres classes, c'est ce qu'il reste à savoir. Notre connaissance de la distribution des fossiles est encore trop fragmentaire pour qu'on en puisse tirer des données plus complètes sur ce sujet. Il est toutefois digne de remarque que plusieurs familles de poissons, représentées sur une grande étendue dans le système dévonien de l'ancien continent, n'ont point été trouvées, en Amérique, parmi les fossiles de cette période : les céphalaspides, par exemple, les diptères, les acanthodes. De plus, certains reptiles gigantesques de la période triasique et de l'oolithique ne se rencontrent nulle part ailleurs qu'en Europe. Or, il n'est guère possible d'attribuer le fait à ce que ces formations sont plus restreintes dans les autres parties du monde, puisque d'autres fossiles de ces mêmes formations ont été retrouvés dans les autres continents. Il est plus vraisemblable que quelques-uns de ces fossiles, au moins, étaient particuliers à une aire limitée de la surface du globe, car, même en Europe, leur distribution est très-circonscrite. Cependant les types des périodes géologiques les plus anciennes sont distribués sur une étendue beaucoup plus grande que celle embrassée aujourd'hui par des familles très-récentes.

Sans donc insister sur un point qui peut prêter à la discussion, il demeure évident que certains types particuliers d'animaux étaient déjà, avant l'établissement de l'état de choses actuel, renfermés dans des aires définies. Ils ont continué à occuper le même terrain ou un territoire analogue, à l'époque présente, encore bien qu'eucun lien génésique ne puisse être supposé entre les animaux des deux périodes consécutives. En effet, les représentants de ces types, dans les formations différentes, n'appartiennent pas nécessairement à un genre commun. De semblables faits sont en contradiction la plus directe avec toute hypothèse qui, d'une manière quelconque, prétendrait en rapporter l'origine aux agents physiques. A première vue, la circonscription de ces animaux dans des aires géographiquement constantes paraît favorable à une interprétation de ce genre ; mais il ne faut pas oublier que les êtres ainsi localisés vivent ou ont vécu dans la société d'autres types occupant des surfaces beaucoup plus considérables, dans lesquelles de grands changements physiques ont eu lieu indubitablement. Ainsi donc ces faits indiquent précisément le contraire de ce que suppose la théorie. Ils prouvent que la ressemblance se continue entre des êtres organisés, durant une suite de périodes géologiques, et en dépit des changements considérables que les circonstances physiques prédominantes ont subis, à ces diverses époques, dans les pays habités par ces êtres. Par quelque côté qu'on prenne la théorie qui attribue à l'influence des agents physiques l'origine des êtres organisés, cette théorie ne supporte ni l'examen ni la critique. Seule, l'intervention délibérée d'une intelligence, agissant continuellement suivant un plan unique, peut rendre compte des phénomènes de ce genre.

III. — Limitation de certaines espèces a des périodes géologiques particulières.

Sans discuter ici dans quelles limites précises le fait est vrai, il ne peut plus faire doute que les espèces, — et non pas seulement les espèces, mais tous les autres groupes des règnes organiques, — ont, tout comme les individus, une durée limitée. Le terme de la durée de l'espèce coïncide généralement avec de grands changements dans les conditions physiques de la surface du globe. Malgré cela, chose étrange à dire, parmi les observateurs qui prétendent rapporter l'origine de l'organisation à l'influence des forces physiques, le plus grand nombre n'en soutient pas moins que les espèces peuvent passer d'une période à l'autre ; ce qui implique cependant qu'elles ne sont pas affectées par les modifications survenues dans les forces.

Lorsqu'il s'agit de la limitation de certaines espèces à des périodes géologiques particulières, on peut, sans inconvénient, négliger la question de savoir s'il y a eu simultanéité entre l'apparition d'une faune et la disparition de la faune précédente. Cela n'affecte en rien le résultat des recherches, puisqu'il est universellement admis qu'aucune espèce connue, parmi les fossiles, n'a prolongé son existence à travers une suite indéfinie de formations. Du reste, le nombre des espèces regardées comme demeurant identiques pendant plusieurs périodes successives va en diminuant, à mesure que la comparaison en est faite avec plus de rigueur et plus de soin. J'ai déjà prouvé, il y a longtemps, combien diffèrent profondément des espèces actuelles certaines espèces tertiaires, qu'on avait toujours réputées identiques avec les animaux de nos jours. J'ai montré combien les espèces d'une même famille peuvent se ressembler peu dans les subdivisions successives d'une même grande formation géologique. Hall est parvenu à la même conclusion par l'examen des fossiles de l'État de New-York. Toute monographie nouvelle réduit le nombre de ces ressemblances dans chaque formation. Ainsi, Barrande, qui a consacré tant d'années aux plus minutieuses recherches sur les trilobites de la Bohême, est arrivé à la conclusion que leurs espèces ne passent pas d'une formation à l'autre. D'Orbigny et Pictet ont été conduits au même résultat pour les fossiles de toutes les classes. On peut bien le dire, à mesure que les débris fossiles sont plus soigneusement étudiés au point de vue zoologique, la prétendue identité des espèces, dans des formations géologiques différentes, s'évanouit graduellement et de plus en plus. Si bien que la limitation de l'espèce dans le temps, déjà reconnue d'une ma-

nière générale dès les premières recherches faites sur les fossiles de formations successives, se resserre pas à pas dans des périodes moins longues, mieux définies et plus uniformes. L'espèce est véritablement bornée dans le temps, comme elle est, à la surface de la terre, bornée dans l'espace. Ce que révèlent les faits, ce n'est pas la disparition graduelle d'un petit nombre d'espèces et l'introduction également graduelle d'un nombre correspondant d'espèces nouvelles; c'est, au contraire, la création simultanée et la destruction simultanée de faunes entières et la coïncidence entre ces révolutions du monde organique et les grands changements physiques que la terre a subis. Il serait toutefois prématuré de vouloir déterminer quelle étendue géographique a été comprise dans ces changements, et l'on serait moins autorisé encore à affirmer le synchronisme de ceux-ci sur toute la surface du globe.

Il faut étudier très-attentivement les ouvrages d'Élie de Beaumont, si l'on veut se faire une juste idée des grands changements physiques qu'a éprouvés la surface du globe, de la fréquence de ces modifications et de leur coïncidence avec les mutations observées parmi les êtres organisés. Le premier, ce géologue a tenté de déterminer l'âge relatif des différents systèmes de montagnes; le premier encore, il a fait voir que les perturbations physiques occasionnées par leurs soulèvements coïncident avec la disparition de faunes entières et l'apparition de faunes nouvelles. Dans ses premiers mémoires il admettait sept de ces convulsions du globe, puis il en porta le nombre à douze, ensuite à quinze, et récemment il a fourni la preuve, plus ou moins complète, plus ou moins définitive, qu'il y en a eu au moins soixante, sinon cent. Or, tandis que la genèse et la généalogie des montagnes étaient ainsi expliquées, les paléontologistes étendaient, avec un soin minutieux, aux couches successives d'une même grande formation géologique leurs comparaisons entre les fossiles des formations diverses. Ils observaient entre les espèces des différences de plus en plus marquées, et acquéraient la conviction que les faunes, elles aussi, ont été plus fréquemment renouvelées qu'on ne l'avait supposé d'abord. De sorte que les résultats généraux de la géologie proprement dite et de la paléontologie concourent à fournir cette conclusion essentielle : A des intervalles réitérés, fréquents même, bien que séparés les uns des autres par des périodes immensément longues, le globe a été bouleversé et bouleversé encore, jusqu'à ce qu'enfin il s'arrêtât à sa condition actuelle ; de même, les animaux et les plantes tour à tour se sont éteints et ont été remplacés par des êtres nouveaux, jusqu'à ce que fussent enfin appelés à l'existence ceux qui vivent de nos jours, et l'homme à leur tête. Les observations ne sont pas toujours suffisamment complètes pour démontrer que partout la rénovation du monde organique ait coïncidé avec les grandes révolutions physiques qui ont altéré l'aspect général du globe. Toutefois elles portent déjà sur des faits assez nombreux, pour montrer fréquemment le synchronisme et la corrélation de ces deux ordres de phénomènes. L'avenir fournira la preuve complète de leur mutuelle dépendance, non comme cause et comme effet, mais comme degrés correspondants du développement progressif d'un plan commun, qui embrasse à la fois le monde physique et le monde organique.

Il importe de ne pas se méprendre sur la valeur des faits, et de ne pas revenir à l'idée que les révolutions physiques ont pu être la cause des différences observées entre les fossiles de différentes périodes. Qu'on le comprenne donc bien, les êtres organisés présentent, à travers toutes les formations géologiques, un ordre régulier de succession dont le caractère sera indiqué ci-après ; mais cette succession a été de temps en temps interrompue violemment par des perturbations physiques, sans que le caractère progressif de la série en ait été le moindrement modifié. Là, certes, est la preuve que le point essentiel, l'intérêt tout entier du grand drame, c'est le développement de la vie, à la réalisation de laquelle le monde matériel ne fait que fournir des éléments. La disparition simultanée de faunes entières, l'apparition simultanée qui s'ensuit d'autres faunes présentant, dans toutes les formations, une grande variété de types ; la combinaison d'animaux et de végétaux en associations naturelles que relient constamment des rapports définis : voilà de nouvelles preuves que l'origine des êtres organisés ne peut pas être attribuée à l'action bornée, invariable des forces physiques.

IV. — Parallélisme entre la succession géologique des animaux et des plantes et le rang qu'ils occupent de nos jours.

Les représentants les plus élevés du règne animal manquent absolument dans les plus anciens dépôts qui fassent partie de l'écorce terrestre. De là est née la croyance générale que les animaux contemporains de ces premières périodes étaient inférieurs à ceux qui vivent de nos jours, et qu'il existe une gradation naturelle, des animaux les plus anciens et les plus inférieurs aux animaux les plus élevés de l'époque actuelle. Jusqu'à un certain point cette opinion est fondée ; mais certainement il n'est pas vrai que tous les animaux forment une série simple depuis les temps primitifs, où les types inférieurs étaient seuls représentés, jusqu'à la dernière période, à laquelle l'homme est venu couronner la création animale. On a déjà fait voir que tous les grands types du règne animal ont leurs représentants dès les premiers jours de la création des êtres organisés. Ce n'est donc pas dans l'apparition successive des grands embranchements qu'on peut s'attendre à découvrir un parallélisme entre la succession des animaux à travers les âges géologiques et le rang qu'ils occupent entre eux de nos jours. Il est tout aussi impossible de prendre pour terme de comparaison l'ordre d'apparition des classes, au moins en ce qui concerne les rayonnés, les mollusques et les articulés. Les classes de ces embranchements semblent en effet avoir été introduites simultanément sur le globe, à la seule exception peut-être des insectes, qu'on n'a pas retrouvés antérieurement à la période carbonifère. Toutefois on remarque, parmi les vertébrés, une certaine coïncidence, même dans la limite des classes, entre le moment de leur introduction et le rang assignable à leurs représentants.

C'est seulement dans la limite des ordres de chaque classe que le parallélisme s'accentue nettement entre la succession de leurs représentants aux âges passés et leur hiérarchie à la période moderne. Mais si cela est vrai, on doit voir immédiatement combien la constatation de cette correspondance dépend du degré de science où nous sommes quant aux véritables affinités et à la gradation naturelle des animaux vivants. Jusqu'à ce que nos classifications soient devenues l'expression exacte de ces rapports naturels, on pourra fort bien ne pas apercevoir la coïncidence, même la plus frappante, entre ces mêmes rapports et la succession des animaux aux époques écoulées. Il y aurait donc présomption, de ma part, à vouloir, pour développer ma thèse actuelle, embrasser dans mon argumentation le règne animal tout entier. Ce serait prématuré

que j'en connais toutes les relations, et que là où existe une discordance entre la classification et l'ordre de succession des animaux, je puis décider si la classification se trompe ou, si au contraire les rapports des fossiles ont été mal appréciés. Je dois me borner à une comparaison générale.

J'ai récemment essayé de faire voir que, dans la classe des polypes, l'ordre des halcyonoïdes est supérieur à celui des actinoïdes ; que l'association et la communauté y constituent un degré de développement supérieur, si on les compare aux caractères et au mode d'existence des polypes simples, tels que les actinies ; que le bourgeonnement par l'extrémité est supérieur au bourgeonnement latéral ; et que le type des madrépores, avec leur partie supérieure animale ou au moins avec un nombre défini et limité de tentacules, est plus élevé que celui de tous les autres actinoïdes. Cela admis, la prédominance des actinoïdes dans les formations géologiques anciennes, à l'exclusion des halcyonoïdes ; la prédominance des halcyonoïdes simples sur les massifs de coraux composés ; postérieurement, celle des astréoïdes et l'introduction très-tardive des madrépores, dénoteraient déjà une corrélation entre le rang des polypes vivants, et la succession des représentants de la classe dans la série des âges. Cependant il est bien difficile de s'attendre à trouver une correspondance de ce genre chez des animaux dont la structure est aussi simple. On ne connaît encore qu'un petit nombre de méduses proprement dites à l'état fossile. Elles proviennent de couches jurassiques ; mais depuis que j'ai démontré les affinités halcyonoïdes des millépores, il est digne de remarque que ces coralliaires tabulés, dont les *Rugosa* sont très-proches voisins, constituent les plus nombreux représentants du type des rayonnés dans les terrains les plus anciens.

La gradation est parfaitement évidente dans les ordres des échinodermes. Au bas de l'échelle sont les crinoïdes ; après viennent les astérioïdes ; au-dessus les échinoïdes, et au sommet, les holothurioïdes. Depuis que cette classe a été circonscrite dans ses limites naturelles, cette échelle a toujours été regardée comme exprimant bien la hiérarchie naturelle de ces êtres ; les investigations modernes sur leur anatomie et leur embryologie n'ont apporté aucun changement important à cette classification, en ce qui concerne le rang à assigner à chacun d'eux. Or, c'est là précisément l'ordre dans lequel les représentants de cette classe ont été successivement introduits sur la terre, aux âges géologiques antérieurs. Les formations les plus anciennes ne recèlent que des débris de crinoïdes pédonculés, et cet ordre continue à prédominer durant une longue suite de périodes ; ensuite ce sont les crinoïdes libres et les astérioïdes ; puis les échinoïdes, dont l'apparition successive, depuis le trias jusqu'à l'époque actuelle, s'accorde bien avec la gradation des subdivisions déterminées d'après leur structure. Ce n'est qu'à la période moderne que les échinodermes supérieurs, les holothurioïdes, ont acquis la prédominance dans leur classe.

Le rang à assigner à chacun des représentants actuels des acéphales ne soulève pas plus d'objections. Tous les zoologistes conviennent de l'infériorité des bryozoaires et des brachiopodes par rapport aux lamellibranches ; et parmi ces derniers, l'infériorité des monomyaires, relativement aux dimyaires, serait difficilement niée. Or, s'il y a, en paléontologie, un fait bien établi, c'est l'apparition précoce et la prédominance des bryozoaires et des brachiopodes, dans les formations géologiques les plus anciennes ; c'est aussi leur extraordinaire développement, durant une longue suite d'époques, jusqu'à ce qu'enfin les lamellibranches vinssent les reléguer à une importance secondaire et prissent l'ascendant qu'ils conservent, de nos jours, sur la plus large échelle. On pourrait pousser la comparaison jusqu'aux familles.

Je n'ai rien à dire de spécial sur les gastéropodes. Les paléontologistes ne l'ignorent pas, les restes de ces animaux n'ont donné lieu qu'à des observations plus incomplètes que celles dont les fossiles des autres classes ont été l'objet. On sait cependant que les pulmonés sont d'origine plus récente que les branchifères et que, parmi ces derniers, les siphonostomés ont paru plus tard que les holostomés. Ce fait dénote déjà une coïncidence générale entre leur sucession dans le temps et leur rang dans l'ensemble.

Grâce aux beaux travaux dont la science est redevable à Owen, on connaît parfaitement l'anatomie du nautile, et chacun peut se convaincre que, parmi les céphalopodes, les dibranches l'emportent sur les tétrabranches. Or, on peut le dire sans exagération, un des premiers points que tout collectionneur de fossiles puisse affirmer, de lui-même, c'est la prédominance des représentants du second de ces types dans les formations anciennes et l'apparition postérieure, vers le moyen âge géologique, des représentants du premier, qui, de nos jours, est le plus largement répandu.

Il n'y a rien d'important à dire sur les vers ; mais les crustacés offrent un exemple remarquable de la coïncidence que nous recherchons. Il résulte de la classification de Milne Edwards que les décapodes, les stomapodes, les amphipodes et les isopodes constituent les ordres les plus élevés de la classe, tandis que les branchiopodes, les entomostracés, les trilobites et les types parasites en forment, avec les limules, les odres inférieurs. Dans la classificaiion de Dana, le premier type comprend les décapodes et les stomapodes, le second les amphipodes et les isopodes, le troisième les entomostracés auxquels sont réunis les branchiopodes, le quatrième les cirripèdes, et le cinquième les rotifères. Les deux auteurs reconnaissent évidemment la même gradation ; toutefois ils diffèrent beaucoup dans la manière de combiner les groupes principaux ; de plus, Milne Edwards exclut quelques types, comme les rotifères, que Burmeister le premier, Dana ensuite et Leydig ont réuni, avec raison, selon moi, aux crustacés. Cette gradation offre la coïncidence la plus parfaite avec l'ordre de succession des crustacés aux âges géologiques passés, même quand on descend aux subdivisions en groupes plus petits. Les trilobites et les entomostracés sont les seuls représentants de la classe, dans les roches paléozoïques ; aux temps géologiques moyens, apparaît une variété de crevette, et les décapodes macroures prédominent ; plus tard seulement, prévalent les brachyures, aujourd'hui les plus nombreux.

Nous ne possédons, sur les insectes fossiles, que des lambeaux de connaissances. Il faut donc renoncer à indiquer avec une précision suffisante les caractères de leur succession à travers la série des terrains.

Chez les vertébrés, l'ordre de succession présente des particularités qui le font, à certains égards, différer de celui des articulés, des mollusques et des rayonnés. On constate que les classes de ces trois embranchements ont apparu simultanément, aux périodes les plus anciennes de l'histoire du globe. Il n'en a pas été de même pour les vertébrés ; les poissons seuls sont aussi anciens que n'importe quelle classe des autres embranchements : mais les reptiles, les oiseaux et les

mammifères n'ont été introduits que les uns après les autres, et suivant l'ordre des rangs qu'ils occupent dans le groupe. En outre, les premiers représentants de ces classes ne paraissent pas avoir été toujours les types inférieurs de chacune d'elles. Au contraire, ce furent, dans une certaine mesure et dans un certain sens, les plus élevés. En effet, ils possèdent à la fois deux sortes de caractères. De ces caractères, les uns, à une période subséquente, apparaîtront isolés, dans des classes supérieures ; tandis que les autres deviendront le cachet exclusif des classes inférieures. Par exemple, les plus anciens poissons connus participent des caractères qui, à une époque plus récente, sont exclusivement propres aux reptiles, et n'appartiennent plus aux poissons de notre temps. Peut-être faudrait-il dire que les premiers poissons sont les plus anciens représentants de l'embranchement des vertébrés, beaucoup plus que ceux de la seule classe des poissons.

Cette classe semble n'acquérir définitivement ses caractères spéciaux qu'après l'apparition des reptiles. Une relation analogue peut être signalée entre les reptiles et les classes des oiseaux et des mammifères qu'ils ont précédées. Je me borne à rappeler l'analogie des ptérodactyles avec les oiseaux, et celle des ichthyosaures avec certains cétacés. Mais, à travers cet enchevêtrement de rapports, se fait jour une tendance à la production de types de plus en plus élevés, jusqu'à ce qu'enfin l'homme vienne couronner la série. Contemplée de la distance où nous sommes, qui permet à l'esprit d'en embrasser l'ensemble et de saisir l'enchaînement des degrés successifs, sans se laisser distraire par les détails, cette série apparaît comme le développement d'une conception grandiose, exprimée avec une telle harmonie de proportions, que chaque partie semble nécessaire pour la complète intelligence du dessein général. Et cependant, chaque partie est si indépendante et si parfaite en elle-même, qu'on pourrait la prendre pour un tout complet; elle est si bien liée aux termes de la série qui précèdent et qui suivent, qu'on pourrait la considérer comme produisant les uns et dérivant des autres! Tout ce qui, de l'aveu universel, caractérise les conceptions du génie s'y trouve déployé avec une plénitude, une richesse, une magnificence, une ampleur, une perfection de détails, une complexité de rapports, qui déconcertent notre savoir et laissent nos efforts les plus tenaces impuissants à en apprécier les beautés. En présence de cette coïncidence remarquable sur une aussi vaste échelle, qui donc pourrait ne pas lire les manifestations successives d'une intelligence, exprimées en des temps divers par des formes toujours nouvelles, mais tendant continuellement à une même fin : la venue de l'homme, prophétisée déjà par l'apparition des premiers poissons !

Le rang hiérarchique des plantes a un caractère quelque peu différent de celui des animaux. Les grands types du règne végétal ne sont pas établis sur des plans de structure aussi nettement distincts. Il y a par conséquent une gradation plus uniforme des types inférieurs aux supérieurs. Ceux-ci ne sont pas résumés et personnifiés dans une plante unique, comme les types animaux supérieurs le sont dans l'homme.

D'ailleurs, la zoologie est plus avancée que la botanique quant à la limitation des groupes généraux le plus compréhensifs, tandis que la botanique connaît mieux les limites et les caractères de la famille et du genre. Les botanistes s'entendent moins bien sur le nombre et le rang des divisions primaires du règne végétal que les zoologistes, relativement aux grands embranchements du règne animal. La plupart des auteurs s'accordent bien à admettre, sous un nom ou sous un autre, ces trois groupes primaires : acotylédonées, monocotylédonées, dicotylédonées; mais il en est d'autres qui voudraient séparer les gymnospermes des autres dicotylédonées.

A mon avis, c'est là un point de la classification botanique qui ne peut être bien éclairci qu'à l'aide d'une connaissance parfaite des fossiles et de leur mode de distribution dans les formations géologiques successives. Il y a là un exemple très-remarquable de l'influence que les classifications peuvent exercer, sur notre manière d'apprécier la gradation des êtres organisés dans le temps. Lorsqu'on place les gymnospermes parmi les dicotylédonées, il est impossible de découvrir une relation entre le rang hiérarchique des plantes vivantes et l'ordre de succession de leurs représentants aux âges passés.

Au contraire, si l'on apprécie à leur valeur les véritables affinités des gymnospermes avec les fougères, les esquisétacées et, spécialement, avec les lycopodiacées, on voit immédiatement que les végétaux ont été introduits sur la terre, suivant un ordre qui coïncide avec le rang de leurs divisions primaires dans l'échelle des complications de structure. Avec leur fleur imparfaite, avec leurs carpelles nus supportant sur l'axe des graines polyembrioniques, les gymospermes sont plus voisins des acrophytes ananthérés, aux spores innombrables, que des monocotylédonées ou des dicotylédonées. Si donc, le règne végétal forme une série graduelle, commençant aux cryptogames et se continuant par les gymnospermes pour finir aux monocotylédonées et aux dicotylédonées, cette série n'offre-t-elle pas une coïncidence remarquable avec l'ordre de succession suivant : les cryptogames, dans les plus anciennes formations, spécialement les fougères, les équisétacées et les lycopodiacées de la période carbonifère; après cela les gymnospermes, dans le trias et les terrains jurassiques; ensuite les monocotylédonées de la même formation, et enfin les dicotylédonées qui se développent plus tard? Ici donc, comme partout, il y a un ordre, un plan dans la nature.

AGASSIZ.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS; CONCOURS D'AGRÉGATION. — Ce concours, qui devait s'ouvrir mardi dernier, se trouve inopinément arrêté par une série d'incidents fort inattendus. Les séances des concours ont lieu d'ordinaire vers quatre heures dans le grand amphithéâtre de la Faculté. Mais M. Denonvilliers, inspecteur général, qui fait son cours à cette heure, refusa de céder l'amphithéâtre, et l'administration se disposait en conséquence à transporter les séances du concours dans une salle beaucoup plus exiguë. M. Bouillaud, président du jury, s'en plaignit très-vivement dans le conseil de la Faculté, en faisant remarquer que ces concours étaient maintenant la seule solennité où la Faculté pût encore réunir autour d'elle tous ses enfants. La question fut soumise au vote du conseil qui décida, *à une voix de majorité*, que M. Denonvillers conserverait son heure et son amphithéâtre. M. Bouillaud déclara qu'il ne siégerait point dans la petite salle, et les autres juges décidèrent que, s'il se retirait, ils suivraient son exemple.

Mardi, les candidats étaient convoqués pour onze heures; mais ils attendirent une heure sans qu'on vît aucun membre du jury. On finit par les remettre à quatre heures. Cette fois, M. Bouillaud et les autres juges étaient présents; ils se dirigèrent vers le grand amphithéâtre. On leur fit observer que les séances devaient se tenir dans une autre salle. Le jury refusa de s'y rendre, et il en résulta, dans la cour même de l'École, une discussion publique un peu vive entre M. Bouillaud et le doyen. Jusqu'ici le concours n'a pu encore s'ouvrir, et la question est soumise au ministre.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 50 — 14 NOVEMBRE 1868

LES CRYPTOGAMES. — LES ALGUES (1).

I. — Reproduction chez les Cryptogames.

L'étude des végétaux inférieurs, d'une organisation plus simple, en apparence du moins, que celle des végétaux ordinaires ou phanérogames, a été poursuivie avec une grande ardeur par les botanistes de tous les pays depuis une trentaine d'années, et, pendant la période qui nous occupe, les naturalistes français ont eu une belle part dans les découvertes importantes dont ces plantes ont été l'objet.

Il y a maintenant près d'un siècle et demi, Linné, avec cet esprit juste et supérieur dont toutes ses œuvres donnent la preuve, voyant dans tous les êtres dont l'organisation se présentait à ses yeux avec clarté le phénomène général de la reproduction s'opérer par l'action réciproque d'organes distincts, *tantôt* séparés sur des êtres différents, tantôt réunis dans un même individu, persuadé de la généralité des grands phénomènes de la nature, ne voulut pas admettre que la fécondation fût nécessaire à la production des germes dans la plus grande partie du règne végétal et n'existât pas dans une grande division de ce règne. C'est pour cette raison qu'il créa pour ces derniers êtres la classe à laquelle il donna le nom de Cryptogamie, c'est-à-dire celle des végétaux à fécondation obscure et cachée, et non pas celui d'Agamie, que quelques auteurs ont voulu depuis substituer au nom donné par Linné, en affirmant par là que ces végétaux se reproduisaient sans le concours de la fécondation.

La science moderne tend chaque jour à confirmer les prévisions hardies de Linné, et à généraliser pour tous les êtres vivants la nécessité du concours de deux ordres d'organes différents pour la formation d'une partie du moins des corps qui servent à leur reproduction.

Les végétaux cryptogames comprennent des groupes très-différents par leur aspect extérieur comme par l'ensemble de leur organisation; tels sont, pour ne citer que les termes les plus connus de cette série, les Fougères et les Lycopodes, les Mousses et les Hépatiques, les Lichens, les Champignons de toutes sortes, les Algues, Fucus et Conferves.

Chacun de ces groupes, et même souvent chacune de leurs subdivisions, offre une structure tellement spéciale, qu'il y a plus de différence entre une Fougère et une Mousse, une Mousse et un Champignon, qu'entre une Graminée et une Rose, entre un Palmier et un Chêne.

Chaque groupe doit donc être étudié séparément : ce qu'on observe dans une Fougère n'est pas ce qu'on voit dans un Lycopode ; celui-ci diffère autant d'une Mousse, au point de vue de la fécondation, que cette dernière diffère d'un Lichen ; tandis que, dans les plantes phanérogames, le mode d'action du pollen, le mode de formation de l'embryon, sont les mêmes dans toute cette grande division du règne végétal, dans une Monocotylédone aussi bien que dans une Dicotylédone.

Cette étude des plantes cryptogames, au point de vue de leur organisation intime et de leurs fonctions, a donc exigé de longs travaux et le concours d'un grand nombre d'observateurs éminents.

Il a fallu bien des observations minutieuses, poursuivies avec persévérance pendant toutes les phases de leur développement, pour saisir le mode d'action d'organes que le microscope seul nous fait découvrir, sur des végétaux qui pour la plupart se prêtent difficilement à la culture.

Aussi ce n'est que peu à peu que chacun des groupes de ces végétaux si variés arrive à être mieux connu dans sa structure et dans son mode d'existence, et vient se ranger parmi ceux dont la fécondation est bien constatée, après être longtemps restée cachée aux yeux d'observateurs moins attentifs.

Déjà, à la fin du siècle dernier, un des plus habiles observateurs de cette époque, Hedwig, avait fait rentrer, d'une manière évidente pour tout esprit sans prévention, les Mousses et les Hépatiques parmi les plantes à fécondation certaine, et avait ainsi confirmé ce nom de Cryptogame, tout en intervertissant le rôle attribué à tort par Linné aux organes de ces petits végétaux. Nous verrons que la science moderne a bien ajouté aux observations d'Hedwig quelques faits importants, mais qui ne modifient en rien les résultats essentiels auxquels ce savant botaniste était arrivé pour ces familles.

Hedwig n'avait pas été aussi heureux à l'égard des Fougères, et son opinion sur leurs organes fécondateurs n'était admise qu'avec beaucoup d'hésitation ; l'opinion avancée par Presl en 1836 n'avait pas trouvé plus de partisans, et cette belle famille, la plus voisine en apparence des plantes phanérogames, restait entourée, en ce qui concerne la nature et le mode d'action de ses organes reproducteurs, de la plus grande obscurité, lorsque les observations les plus inattendues de M. Nægeli sur leurs anthéridies, bientôt confirmées en France par celles de M. Thuret, puis celles de M. Leszczyc Suminski sur leurs archégones, vinrent nous dévoiler un mode de fécondation et de développement tout à fait insolite.

(1) Cet article est extrait d'un rapport de M. A. Brongniart au ministre de l'instruction publique sur les progrès de la botanique phytographique depuis vingt-cinq ans, rapport qui doit paraître prochainement.

Les Prêles ou Équisétacées rentrèrent bientôt dans la même catégorie que les Fougères.

Le rôle des deux sortes d'organes observés dans une Marsiléacée, le *Salvinia*, avait déjà été signalé depuis longtemps (en 1819) par le professeur Paolo Savi, de Pise, à la suite d'expériences directes confirmées par celles de son frère Pietro Savi en 1830. Mais la structure des organes, leur mode d'action, n'avaient pas été étudiés, et ce n'est que dans ces dernières années que d'habiles observateurs allemands démontrèrent la manière dont ces divers organes, dans les Marsiléacées ou Rhizocarpées et dans les Lycopodiacées, remplissent la fonction à laquelle ils sont destinés.

Toutes les familles de la division la plus élevée de la Cryptogamie se trouvaient ainsi ramenées à la reproduction sexuelle, seulement avec des différences considérables dans la disposition et le mode de développement des organes.

Les Cryptogames inférieures réunies par Linné dans les ordres des Champignons et des Algues, qui comprennent également les Lichens, offraient, à cet égard, une obscurité bien plus grande, obscurité qui n'est pas encore complétement dissipée, malgré les études nombreuses et persévérantes d'un grand nombre d'observateurs.

On peut dire que c'est un des points sur lesquels, avec raison, se portent spécialement en ce moment les efforts des physiologistes; car ces plantes inférieures, plus simples à bien des égards dans leur organisation, paraissent appelées à nous dévoiler bien des mystères de la vie des végétaux supérieurs.

C'est ce que nous démontreront les belles découvertes sur la sexualité des Algues, résultat des recherches exécutées avec tant de persévérance par M. Thuret et confirmées par celles qui ont été faites en Allemagne sur des groupes très-différents de cette grande classe des végétaux.

Les Champignons et les Lichens ont pendant plus longtemps semblé se soustraire à cette loi générale. Cependant, dans quelques-uns d'entre eux, des phénomènes analogues à ceux qui ont été observés dans les Algues se sont montrés d'une manière évidente; chez d'autres, des organes, dont les fonctions sont encore obscures, semblent annoncer des phénomènes de fécondation et feront sans doute rentrer ces végétaux dans la loi générale de la reproduction sexuelle, souvent obscurcie par la manière insolite dont elle s'exerce.

Cette grande classe des Champignons, en dehors de la recherche des phénomènes de sexualité, est devenue aussi le sujet d'observations d'un haut intérêt sur les formes successives ou alternatives que revêt le même individu ou la même espèce à diverses époques de son existence, phénomènes analogues aux phénomènes déjà étudiés dans le règne animal, et qui viennent établir ainsi un lien de plus entre les deux règnes organiques et entre les conditions si diverses sous lesquelles la vie se manifeste.

Avant d'examiner les travaux qui se rapportent spécialement à certaines familles de plantes cryptogames, nous devons signaler ici les résultats d'études qui embrassent simultanément plusieurs de ces familles, et qui tirent leur intérêt principal de la lumière qu'ils répandent sur les organes qui appartiennent en commun à ces familles, et sur le rôle qu'ils remplissent.

Les Cryptogames acrogènes sont particulièrement dans ce cas; elles comprennent, comme on le sait, les Lycopodiacées, les Marsiléacées, les Fougères, les Équisétacées, les Mousses, les Hépatiques et les Characées; elles sont caractérisées non-seulement par leurs organes de la végétation, présentant le plus souvent, comme chez les Phanérogames, une tige ou axe et des feuilles ou organes appendiculaires distincts, mais aussi par leurs organes reproducteurs composés d'anthéridies renfermant des anthérozoïdes, presque semblables dans toutes ces familles, et d'archégones, d'une structure similaire, malgré la position très-diverse qu'ils occupent, et renfermant, soit le germe de la jeune plante, soit l'origine du sporange.

C'est la découverte de ces deux sortes d'organes essentiels, dont la structure est presque la même dans toutes les familles que nous avons citées plus haut, qui constitue un des grands progrès de la botanique cryptogamique au point de vue physiologique, depuis vingt-cinq ans.

En effet, les anthéridies et les archégones, connus dans les Mousses et les Hépatiques depuis les travaux d'Hedwig, n'ont été, même dans ces familles, bien appréciés dans plusieurs points essentiels de leur structure que dans ces dernières années.

Ainsi les corpuscules animés de mouvements spontanés que renferment leurs anthéridies, et qu'on désigne par le nom d'*anthérozoïdes* ou de *spermatozoïdes* végétaux, n'ont été entrevus qu'en 1822, par Fr. Nees von Esenbeck, dans les *Sphagnum*, et le filament spiral qui les constitue en partie n'a été observé qu'en 1834, par M. Unger, et mieux examiné par lui en 1837; ces anthérozoïdes, découverts dans les *Chara* par Meyer, en 1838, n'ont été bien connus qu'en 1840, lorsque M. Thuret aperçut les deux longs cils vibratiles qui déterminent leurs mouvements.

Ce fut un pas important dans nos connaissances sur ces petits corps, car une organisation analogue fut successivement observée dans toutes les familles de Cryptogames acrogènes, et peu d'années après, en 1845, la découverte, par MM. Decaisne et Thuret, des anthérozoïdes des Fucacées, présentant également, malgré leur forme générale très-différente, des cils vibratiles et des mouvements rapides, conduisait à généraliser l'existence de ces corpuscules fécondateurs, doués d'organes locomoteurs.

La découverte des anthérozoïdes sur le *prothallium* provenant de la germination des spores dans les Fougères, faite par M. Nægeli en 1844, fut constatée par plusieurs botanistes dans les années suivantes; mais ce ne fut qu'en 1848 que M. Thuret y observa les cils nombreux qui déterminent leurs mouvements; son mémoire, publié au commencement de 1849, fut bientôt suivi d'un travail de Schacht, publié à la fin de la même année, où l'organisation de ces petits corps est représentée avec beaucoup d'exactitude.

La découverte, par Leszczyc Suminski, des archégones sur ces mêmes *prothallium*, confirmée bientôt par les recherches d'autres savants, établirent d'une manière incontestable le rôle de ces petits corps dans la fécondation.

Des anthéridies et des anthérozoïdes semblables à ceux des Fougères furent découverts par M. Thuret, vers la même époque, sur les jeunes thalles provenant de la germination des spores des Prêles, et sont figurés dans le mémoire qui a remporté le prix de l'Académie des sciences sur ce sujet, en 1850 (1).

(1) Prix décerné en mars 1850 ; mais le terme du [illegible] mémoires était le 1er janvier 1849. La publication [illegible] Annales des sciences naturelles, en 1850 [illegible] pl. XVI-XXXVII, et t. XVI, p. 5, pl. I-XV.

En 1851, et sans avoir connaissance du mémoire de M. Thuret, publié la même année, M. Hofmeister obtenait des résultats semblables de ses semis de spores d'Équisétacées.

Ce sujet d'étude fut enfin complété par les observations de M. Milde en Allemagne, et plus récemment, en France, dans le grand ouvrage de M. Duval-Jouve.

Les Lycopodiacées et les Marsiléacées, dans lesquelles des phénomènes du même genre furent aussi observés, ne donnèrent lieu, à cette époque, à aucune recherche dans notre pays.

Ainsi toutes les familles des Cryptogames acrogènes étaient ramenées à un type commun consistant à offrir :

1° Des archégones s'ouvrant au dehors et renfermant une cellule ou une masse protoplasmique, qui ne pouvait se constituer en une cellule parfaite, susceptible de se développer et de former, soit un embryon, soit un sporange, que sous l'influence de la fécondation.

2° Des anthéridies contenant une masse de petites cellules diversement disposées, dont chacune renferme un anthérozoïde, c'est-à-dire un corpuscule doué de mouvement. Dans ces Cryptogames acrogènes, cet anthérozoïde est toujours formé par un filament spiral, portant tantôt deux longs cils filiformes fixés à l'une de ses extrémités, tantôt une sorte de couronne ou de crête de cils nombreux et plus courts.

Outre ces parties, on avait souvent signalé, soit une vésicule formant un renflement à l'extrémité du filament opposé aux cils, soit une vésicule appliquée contre ce filament, soit enfin des granules ou des lamelles membraneuses qui l'accompagnaient; mais la plupart des observateurs avaient attribué ces apparences à des restes de la cellule dans laquelle l'anthérozoïde s'était formé. Il y avait encore des recherches nouvelles à faire pour mieux apprécier la structure de ces petits corps, qui jouent un rôle si important dans la reproduction d'une grande division du règne végétal, phénomènes qui, bien étudiés, peuvent jeter un grand jour sur la fécondation des végétaux en général.

C'est le but que s'est proposé M. Roze depuis quelques années, et ses études, communiquées à la Société botanique de France et soumises au jugement de l'Académie des sciences (1), l'ont conduit à des résultats qui, bien constatés, seront d'un grand intérêt. M. Roze a pensé qu'on avait accordé trop peu d'attention, dans les anthérozoïdes de ces végétaux, à la vésicule ou à la masse protoplasmique qui accompagne le fil spiral. Reprenant les observations déjà faites sur la plupart de ces familles, il a trouvé des caractères constants à cette partie, considérée comme accessoire, formant une sorte de vésicule ou de masse régulière et nettement limitée, placée au milieu de la spire et y adhérant par un point dans la Pilulaire, dans les Fougères, dans les Isoëtes, les Équisétacées; constituant une vésicule qui termine le fil spiral dans les Hépatiques, les *Sphagnum* et les *Chara*; paraissant réduite à une matière amorphe et granuleuse appliquée contre le fil spiral dans les vraies Mousses. Partout il a retrouvé cette matière, et il a constaté, caractère remarquable qu'on n'avait pas encore signalé, qu'elle contenait des grains de fécule en nombre presque défini; il a vu que cette partie, lorsqu'elle a l'apparence vésiculeuse, se gonfle lentement pendant la durée des mouvements de l'anthérozoïde, pour se résoudre ensuite en laissant disperser les granules qu'elle renfermait.

Un habile anatomiste allemand, qui vient d'être enlevé à la science par une mort prématurée, Schacht, avait plus qu'aucun autre déjà fixé son attention sur cette partie vésiculeuse de l'anthérozoïde dans les Fougères et les Équisétacées; dès 1849 (*Linnæa*, t. XXII), il la représentait très-nettement dans les Fougères, et, plus récemment, il insistait sur sa nature non cellulosique, comme la distinguant de la cellule mère de l'anthérozoïde.

De l'ensemble de ces observations sur ces familles, dans lesquelles il a toujours retrouvé ces mêmes caractères, M. Roze est arrivé à penser que le fil en hélice de l'anthérozoïde, avec ses cils moteurs, n'était qu'un organe de transport, et que la véritable partie fécondante devait être la petite masse de matière plasmique et amylacée entraînée par cet organe locomoteur jusqu'à l'orifice des archégones, où on la trouve souvent accumulée. Cette idée ingénieuse, et que bien des faits rendent très-vraisemblable, serait, si l'on peut la constater d'une manière positive, un pas important dans l'explication des phénomènes de la fécondation. Des expériences relatives aux Hépatiques paraissent confirmer le rôle attribué à ces organes.

Avant d'examiner les études qui, dans chacune des familles de Cryptogames, ont contribué à faire avancer nos connaissances à leur égard, signalons quelques travaux qui se rapportent à la classification et à la description de l'ensemble de ces végétaux.

Dans les plantes cryptogames, la diversité de structure des différentes familles, la difficulté de leur étude, l'intérêt que présente l'examen approfondi de l'organisation de chaque espèce, et les liens qui existent entre ces études morphologiques et les phénomènes physiologiques, font que les travaux descriptifs se confondent souvent avec les recherches anatomiques, et que la plupart des botanistes qui s'en occupent limitent leurs travaux à quelques familles, les uns aux Fougères, d'autres aux Mousses, aux Champignons ou aux Algues.

Il est cependant un de nos compatriotes, M. Montagne, qui a embrassé dans ses études toutes les familles des Cryptogames dites *cellulaires* (les Mousses, les Hépatiques, les Lichens, les Algues et les Champignons), et dont les nombreux travaux, publiés la plupart comme Flores cryptogamiques de divers pays, comprennent en même temps toutes ces familles.

Ses études ont porté plutôt sur la classification de ces plantes, sur la distinction des genres et des espèces, que sur l'organisation intime et la physiologie de ces végétaux. Se consacrant spécialement à l'examen des Cryptogames recueillies dans des pays éloignés par des voyageurs qui s'empressaient de les soumettre à ses recherches, il ne pouvait se livrer à ce genre d'observation, qui exige l'examen répété et suivi des plantes fraîches et vivantes. Armé du microscope, il a toujours cherché cependant à approfondir l'organisation des plantes qu'il décrivait, autant que leur état de conservation le permettait.

Son but, quand il a donné cette direction à ses travaux, était de faire connaître les richesses cryptogamiques recueillies par nos compatriotes pendant de longs voyages, sans qu'ils fussent obligés d'avoir recours à des savants étrangers.

C'est ainsi que déjà, de 1834 à 1840, il publia successivement les plantes cryptogames cellulaires recueillies : par

(1) Le prix Desmazières a été accordé aux recherches de M. Roze sur ce sujet en 1866 par l'Académie des sciences.

Gaudichaud, dans l'Amérique méridionale; par Bellanger, aux Indes orientales; par Leprieur, à la Guyane; par Bertero, à l'île Juan-Fernandez; par Auguste Saint-Hilaire, au Brésil; par d'Orbigny, en Patagonie et dans la Bolivie; par Perrottet, aux Indes orientales, dans les Nilgherries; par Webb et Berthelot, aux Canaries. Plus récemment, de 1840 à 1856, des publications plus étendues sont dues à ce botaniste, aussi laborieux que savant.

Les Cryptogames cellulaires de l'île de Cuba forment un volume dans le grand ouvrage consacré à cette île par M. Ramon de la Sagra; la relation du voyage de d'Urville au pôle sud et dans l'Océanie comprend aussi un volume consacré aux mêmes plantes; un travail semblable fait partie de la relation du *Voyage autour du monde* de *la Bonite*, et comprend la description des plantes recueillies par Gaudichaud.

La partie cryptogamique de la Flore d'Algérie, publiée par la Commission scientifique chargée de l'exploration de cette contrée, lui doit tout ce qui concerne les Algues et les Lichens.

De 1850 à 1852, il publiait deux volumes de la Flore du Chili, de M. Gay, consacrés aux Cryptogames cellulaires et comprenant l'étude de près de mille espèces.

A la même époque, il faisait connaître l'ensemble des Cryptogames cellulaires résultant des longues explorations de M. Leprieur à la Guyane, et annonçait ce fait singulier de l'existence, dans les eaux douces des montagnes de la Guyane, de plusieurs Algues appartenant à des genres de la division des Floridées, qu'on n'avait observées jusqu'alors que dans la mer; résultat important à constater au point de vue de la géographie botanique et des conséquences qu'il pourrait avoir, dans certaines circonstances, en géologie.

Outre ces travaux étendus sur des Flores cryptogamiques, M. Montagne avait publié, dans ces vingt années, un grand nombre de notices ou de mémoires spéciaux sur divers groupes de ces mêmes végétaux, des exposés étendus des caractères de leurs diverses familles, et la description séparée d'un grand nombre d'espèces nouvelles ou mal connues, qu'il réunissait sous le titre de *Centuries de plantes cellulaires exotiques ou indigènes nouvelles*, dans des notices insérées dans les *Annales des sciences naturelles*, depuis 1837 jusqu'en 1849. Il sentit l'utilité qu'il y aurait, pour faciliter la connaissance de cette masse d'études spéciales ainsi dispersées, de les réunir en un corps d'ouvrage systématique; et, sous le titre de *Sylloge generum specierumque Cryptogamarum quas in variis operibus descriptas iconibusque illustratas, nunc ad diagnosin reductas, nonnullasque novas interjectas, ordine systematico disposuit* J. F. Camille MONTAGNE, D. M., il publia un volume résumant l'ensemble de ses travaux descriptifs et comprenant 1684 espèces. On voit que, pendant la période dont nous examinons les travaux et leur influence sur les progrès des sciences, M. Montagne, sans faire de ces grandes découvertes qui se signalent en quelques mots, a contribué sur une très-vaste échelle à nous faire connaître des végétaux peu étudiés jusqu'alors dans les régions éloignées du globe. La précision et la critique qu'il a mises dans l'étude des matériaux qu'il avait à sa disposition permettent d'ajouter à nos *Species* un grand nombre d'espèces étrangères à l'Europe, et fournissent ainsi des données plus nombreuses à l'étude de la distribution géographique de ces familles, si différente, à bien des égards, de celle des plantes phanérogames. L'impulsion est donnée, et chaque jour, dans le reste de l'Europe, des travaux analogues à ceux de M. Montagne voient le jour; mais si l'on se reporte à trente années en arrière, on verra combien ils étaient rares à l'époque où notre savant compatriote est entré dans cette voie.

Nous avons dû examiner les travaux de M. Montagne sur l'ensemble des familles de Cryptogames, sans isoler ce qui se rapporte à chacune d'elles, à cause du caractère général qu'ils offrent et de la forme de flores de ces végétaux sous laquelle se présentent les plus importants d'entre eux. Maintenant passons en revue ces diverses familles, et signalons, pour chacune d'elles, les progrès dus aux botanistes français.

II. — Les Algues.

Sous le nom général d'Algues, ou de Phycées, employé par quelques auteurs, on comprend un ensemble de végétaux cryptogames très-disparates par leur aspect et même par beaucoup de leurs caractères, mais qui cependant se rattachent les uns aux autres par quelques points importants de leur organisation et par leur mode d'existence dans les eaux douces ou salées.

Ces végétaux ont été l'objet d'études très-nombreuses en France et à l'étranger depuis vingt-cinq ans, et ont révélé quelques-uns des phénomènes les plus intéressants de la vie végétale.

M. Decaisne, par ses belles recherches sur la fructification et la structure des Algues et sur leur application à la classification de cette famille (*Archives du Muséum*, 1841, t. II, p. 89; *Annales des sciences naturelles*, 2e série, 1842, t. XVII, p. 297), a ouvert cette série de travaux importants: *il montra* la valeur qu'on doit accorder à l'organisation des corps reproducteurs dans la classification et les groupes naturels auxquels elle peut servir de base, en écartant les caractères, trop généralement admis jusqu'alors, tirés de la structure articulée ou continue des frondes et de leur coloration.

A la même époque, ce savant naturaliste, par des observations anatomiques délicates, ramenait au règne végétal d'une manière certaine des productions qu'on avait généralement considérées comme des Polypiers, et classées par conséquent dans le règne animal, les Corallines et les genres groupés autour d'elles.

Sans doute, ainsi que M. Decaisne le fait remarquer lui-même, plusieurs naturalistes, à l'époque où il publiait ses recherches sur ce sujet, étaient déjà portés à ranger dans le règne végétal ces êtres que la matière calcaire qui les encroûte avait fait considérer jusqu'alors comme des Polypiers; mais l'étude imparfaite de leur structure et surtout de leurs organes de fructification avait fait considérer par ces naturalistes eux-mêmes leur état d'incrustation comme un caractère qui les rattachait à un même groupe. M. Decaisne, au contraire, a montré que non-seulement ces prétendus Polypiers étaient de véritables Algues, mais qu'ils se rapportaient à diverses familles de cette classe. L'énumération méthodique des genres et des espèces autrefois classés parmi les Polypiers complète ce travail.

Peu de temps après la publication de ces travaux de M. Decaisne, en novembre 1842, M. Chauvin, professeur à la faculté des sciences de Caen, publiait comme thèse une suite de dissertations sur plusieurs groupes d'Algues et sur les prétendus Polypiers calcifères.

lisation de diverses Algues, sur lesquelles les botanistes n'étaient pas d'accord, et surtout la nature des organes de la fructification de ces plantes; mais, en dehors de quelques faits particuliers, ces observations n'apportèrent pas de changements importants aux idées introduites dans la science par M. Decaisne, idées que M. Chauvin admet d'une manière générale, tout en n'étant pas d'accord avec lui sur quelques points particuliers. Dans sa dissertation sur les Corallinées et autres Algues incrustées, l'auteur admet également les conclusions établies par M. Decaisne en 1841, sur la nature végétale de tous ces êtres et sur leur similitude avec certains groupes de cette grande famille, tout en différant sur quelques points de leur classification.

Peu d'années après ses premiers travaux sur ces végétaux, en 1844, M. Decaisne, poursuivant ses recherches sur les Algues avec le concours de M. Thuret, alors au début de ses études sur cette famille, présentait à l'Académie des sciences un mémoire important sur les organes fécondateurs des Fucacées. Ces deux botanistes, reprenant des études qui remontaient à Réaumur, mais qui avaient été toujours mal interprétées dans les temps les plus modernes, montraient que ces plantes, comme les Cryptogames supérieures, possédaient des organes destinés à féconder les germes reproducteurs; que ces organes, signalés par divers auteurs, n'étaient pas, comme le pensaient encore à cette époque les algologues les plus distingués, tels que MM. Agardh et Montagne, une seconde forme d'organes reproducteurs, des sortes de zoospores, mais des anthérozoïdes ou spermatozoïdes, renfermés, comme les anthérozoïdes, bien connus depuis longtemps, des Mousses et des Hépatiques, dans des anthéridies d'une forme spéciale; ils constataient que les mouvements aperçus dans ces petits corps étaient dus à des cils d'une extrême ténuité, offrant toujours la même disposition; enfin, ils s'assuraient que jamais ces petits êtres n'offraient de traces de germination, qu'ils se détruisaient promptement après avoir cessé de se mouvoir, et ne pouvaient ainsi être comparés aux zoospores des Conferves et des Ulves, dont M. Decaisne avait formé son groupe des Zoosporées. Ce n'est que plus tard cependant, que des expériences directes vinrent mettre hors de toute contestation l'exactitude du rôle que ces savants attribuaient à ces corpuscules, et permirent d'affirmer qu'ils étaient de véritables anthérozoïdes.

Le mode de formation des spores suivi par les mêmes naturalistes leur démontra que ce qu'on avait généralement considéré comme les spores de ces végétaux était des sporanges, renfermant une masse protoplasmique qui, suivant les plantes qu'on étudiait, restait simple ou se partageait en deux, en quatre ou en huit spores distinctes. Sur ce caractère, joint à la disposition relative des sporanges et des anthéridies, ils divisèrent le genre *Fucus*, tel qu'il était admis à cette époque, en quatre genres différents, acceptés depuis lors par tous les botanistes.

Déjà, l'année précédente, M. Thuret avait publié, sur les organes locomoteurs des spores de certaines Algues, des observations pleines d'intérêt. Le mouvement de ces corps reproducteurs qui les a fait désigner sous le nom de *zoospores*, et qui est devenu le caractère de tout le groupe des Zoosporées, n'avait été qu'entrevu pendant longtemps, et il suffit de se reporter à quarante ou cinquante ans en arrière pour se rappeler tous les doutes qui régnaient alors sur l'existence vent soustraits à l'observation.

On doit reconnaître que Bory Saint-Vincent, en insistant (en 1822, dans le *Dictionnaire classique d'hist. nat.*, art. ARTHRODIÉES) sur ce caractère remarquable des corps reproducteurs des Conferves, dont il avait formé sa famille des Zoocarpées, a appelé l'attention sur des phénomènes qui avaient été à peine entrevus et dont il a bien décrit les traits les plus essentiels.

En 1840, cependant, l'existence de spores vertes se mouvant avec rapidité dans l'eau pendant quelques heures avant de se fixer pour germer, était un fait bien constaté dans un assez grand nombre de Conferves et de genres voisins; mais on ignorait la cause de ce mouvement. M. Thuret, qui avait découvert les cils moteurs des anthérozoïdes des *Chara*, reconnut que le mouvement des spores des Conferves était également dû à des cils vibratiles, tantôt réunis, au nombre de deux ou de quatre, vers l'extrémité aiguë et transparente qui se dirige en avant, tantôt formant une couronne autour de cette extrémité, en couvrant toute la surface de la spore (*Recherches sur les organes locomoteurs des spores des Algues*, par M. Gustave Thuret (*Ann. des sciences nat.*, 2ᵉ série, 1843, t. XIX, p. 266, pl. X-XV).

Cette structure et les phénomènes de mouvement, ainsi que l'action de divers réactifs sur ces corps, sont parfaitement décrits par M. Thuret, dont les résultats ont été confirmés par tous les observateurs postérieurs.

L'existence de corps doués de mouvements spontanés, produits par les végétaux et servant à leur reproduction, soit comme véritables germes reproducteurs, soit comme agents fécondateurs, était donc mise hors de doute; la cause même de ces mouvements, c'est-à-dire la présence de cils vibratiles, était même constatée et donnait à ces petits corps une analogie singulière avec les animaux infusoires dont il était quelquefois difficile de les distinguer.

Mais il restait bien des points à étudier, soit pour s'assurer de la généralité de ces phénomènes, soit pour déterminer leurs diverses modifications et l'influence des circonstances extérieures.

L'Académie des sciences pensa que c'était un des sujets les plus dignes des recherches des naturalistes, et en 1845 elle le choisit pour le grand prix des sciences physiques à décerner en 1847. Le programme tracé à cette époque indiquant d'une manière sommaire l'état de la science à ce moment, relativement à ce sujet, et le but à atteindre, nous allons le reproduire ici :

« On a signalé déjà depuis longtemps des mouvements de » translation rapides dans les corps reproducteurs de certaines Conferves; plus récemment, ces faits ont paru acquérir plus de généralité et ont même été considérés comme » un des caractères de la division des Algues désignée sous le » nom de *Zoosporées*; enfin de nouvelles recherches ont démontré dans plusieurs de ces corps la présence de cils » vibratiles.

» D'un autre côté, les organes que beaucoup de botanistes » admettent comme les analogues des anthères ou des grains » de pollen parmi les Cryptogames, et qui sont désignés, par » cette raison, sous les noms d'*anthéridies* ou de *pollinides*, ont » offert, dans les *Chara*, les Mousses, les Hépatiques, et tout » récemment dans les Fucacées, de petits corps de formes » diverses, doués de mouvements très-rapides après leur sor-

» tie des conceptacles qui les renferment, et dont les mouve-
» ments paraissent aussi dus à des cils vibratiles très-déliés.

» Il serait très-intéressant pour la science de constater la » généralité et de compléter l'étude de ces faits remarqua- » bles, qui montrent dans le règne végétal l'existence tempo- » raire de mouvements spontanés de translation analogues » à ceux des animaux les plus simples.

» On propose donc pour sujet du grand prix des sciences » naturelles pour 1847 : *L'étude des mouvements des corps » reproducteurs ou spores des Algues zoosporées, et des corps ren- » fermés dans les anthéridies des Cryptogames, telles que* Chara, » *Mousses, Hépatiques et Fucacées.*

» Les concurrents devront étudier, sur le plus grand nom- » bre possible d'espèces différentes, ces deux sortes de corps, » d'abord dans l'intérieur du végétal aux diverses époques » de leur formation, puis à l'état de liberté après leur sortie » de la plante qui les a produits, jusqu'à leur germination » pour les premiers, et jusqu'à leur destruction pour les se- » conds. Ils devront constater par tous les moyens que fournit » le microscope, joint à l'emploi de divers réactifs, la structure » de ces corps, la disposition des cils qu'ils présentent, la na- » ture de leurs mouvements et les changements qu'ils éprou- » vent aux diverses périodes indiquées ci-dessus. Ils recher- » cheront si diverses circonstances, telles que la nature et » l'intensité de la lumière, la chaleur et quelques agents chi- » miques, modifient ces phénomènes.

» Les concurrents devront aussi examiner si beaucoup de » corps considérés jusqu'ici comme des animalcules infusoires, » surtout les corps colorés en vert, et agissant sur l'air atmos- » phérique, comme les parties vertes des végétaux, ne seraient » pas, soit des végétaux parfaits, soit des parties de végétaux » douées temporairement d'une mobilité analogue à celle » des animalcules infusoires proprement dits.

» Quant aux corps contenus dans les anthéridies, on invite » les concurrents à déterminer par des expériences directes » si le rôle d'organes fécondateurs qu'on leur attribue est » réel. Les espèces de *Chara*, de Mousses, d'Hépatiques et » d'Algues, dans lesquelles ces corps sont portés sur des indi- » vidus différents de ceux qui produisent les spores ou véri- » tables séminules, pourraient conduire à des résultats positifs.

» Enfin, on les invite à diriger également leurs recherches » sur les autres familles de Cryptogames, telles que les Fou- » gères, les Lycopodes, les Lichens, les Champignons et les » autres familles de la classe des Algues, dans lesquelles, jus- » qu'à ce jour, de véritables anthéridies n'ont pas été obser- » vées, afin de tâcher d'y découvrir des organes dont l'analo- » gie semble indiquer l'existence.

» Lors même que ce sujet ne serait pas traité sous tous les » points de vue indiqués ci-dessus, l'Académie pourrait néan- » moins accorder le prix à celui des concurrents qui aurait » résolu d'une manière satisfaisante quelques-unes des par- » ties de la question proposée. »

A la suite de ce concours, trois mémoires furent adressés à l'Académie; deux d'entre eux furent jugés dignes d'un premier et d'un second prix, et nous ne pouvons mieux faire connaître l'importance des travaux des savants auxquels ils furent décernés, qu'en transcrivant ici quelques parties du rapport d'Adrien de Jussieu qui les concerne.

Après avoir rappelé l'énoncé de la question et exposé les motifs qui ont dû faire écarter le mémoire inscrit sous le n° 1, le rapporteur s'exprime ainsi :

« Il n'en est pas de même du mémoire inscrit sous le n° 2 (mémoire de MM. Derbès et Solier), ayant pour épigraphe : « *Dans l'étude des phénomènes de la vie, les plus belles » découvertes ne peuvent que reculer la difficulté ; la vie elle-même » sera toujours un mystère.* » L'auteur a compris nettement la question : il sait le point d'où il doit partir, celui auquel il doit tendre.

» C'est presque exclusivement sur les Algues, dans l'étude desquelles il paraît profondément versé, qu'ont porté ses observations, et il est aisé de voir que, pour les Algues marines, elles ont été faites sur les bords de la Méditerranée.

» Il commence par exposer une classification générale des Algues, fondée sur les caractères de la reproduction, et c'est d'après cet ordre, qui lui est propre, qu'il examine successivement quatre-vingts espèces environ, appartenant à une quarantaine de genres. Chacune est décrite complétement, surtout pour ces organes qu'il s'agissait d'étudier et que l'auteur suit dans toutes les phases de leur développement, nommant *sporozoïdes* (*zoospores* du mémoire imprimé) les spores douées de mouvement dont la nature est constatée par leur germination après que ce mouvement s'est arrêté ; *spermatozoïdes* (*anthérozoïdes* du texte imprimé) les corps, également mobiles, renfermés dans les anthéridies et assez ressemblants aux précédents, mais non susceptibles de germer. Ces descriptions, extrêmement détaillées, sont illustrées par un atlas de trente-huit planches, renfermant un nombre considérable de figures en couleur, pour chacune desquelles le grossissement est soigneusement indiqué.

» Le texte ainsi que les peintures témoignent une bonne foi remarquable, ainsi qu'un grand talent d'observation. On sent que l'auteur a vu ce qu'il a représenté et jamais représenté plus qu'il n'a vu ; éloge qu'on ne peut accorder indifféremment à tous les travaux microscopiques. Ce qui manque à celui-ci devient donc presque une garantie de ce qu'on y trouve, et l'on y trouve beaucoup. Il fournira des matériaux neufs et nombreux pour l'histoire des Algues, notamment des Floridées, dont les anthéridies et les spermatozoïdes n'étaient pas alors connus. Ces anthéridies, qui se présentent en général sur des frondes différentes des tétraspores et des polyspores, sont des vésicules avec un axe médian ou latéral, chargé d'utricules, dont chacune produit un spermatozoïde qui devient libre par la dissolution du tégument utriculaire.

» Les organes du mouvement ou cils vibratiles des spermatozoïdes ont pu être observés dans un grand nombre, ainsi que ceux des spores de la plupart des autres Algues, et celles-ci suivies dans tous les changements successifs de leur singulière existence, depuis l'état de matière amorphe, aux dépens de laquelle elles s'organisent, jusqu'à la période où elles deviennent libres et se meuvent à la manière d'animalcules, et enfin jusqu'à celle où ceux-ci s'immobilisent, germent et reproduisent le végétal qui leur a donné naissance. L'auteur a donc satisfait à une partie du programme tracé par l'Académie.

» L'auteur ne propose qu'avec un doute prudent son opinion sur le rôle que jouent les spermatozoïdes dans la reproduction, rôle qu'on n'a pu constater par l'observation directe et qu'on ne peut conclure que du raisonnement, parce que leur constance indique l'organe d'une fonction importante et qu'on ne saurait guère leur en assigner d'autre.

» Dans le mémoire n° 3, ayant pour épigraphe : « *Non fingendum aut excogitandum, sed inveniendum* », l'auteur (M. Thuret)

a pris pour sujet de ses études les Algues d'eau douce de nos environs et les Algues marines de la Manche ; il a suivi exactement le programme tracé par l'Académie, et divisé son travail en deux parties, consacrées, l'une à l'étude des spores des Algues et de leurs mouvements, l'autre à celle des corps renfermés dans les anthéridies d'un certain nombre de familles cryptogames.

» Dans l'une comme dans l'autre, il commence par un exposé historique, aussi concis qu'exact, des connaissances acquises sur son sujet, et établit ainsi nettement le point de départ, puis fait connaître toutes les observations qui lui sont propres. Pour les spores des Algues zoosporées, qu'il nomme *zoospores*, elles portent sur trente-quatre espèces. Comme l'auteur du mémoire n° 2, il étudie ces zoospores, d'abord dans l'intérieur du végétal aux diverses époques de leur formation, puis à l'état de liberté, après leur sortie de la plante qui les a produites, jusqu'à leur germination ; mais ici l'observation est portée plus loin, et le caractère de netteté et de précision si désirable dans les recherches microscopiques s'y présente au plus haut degré, soit par l'emploi d'un instrument plus parfait, soit par son maniement plus habile. C'est par ces qualités que se font remarquer la détermination des points par lesquels les zoospores s'échappent et de la manière dont se forment ces petites ouvertures ; la description de ces zoospores et surtout de leurs organes locomoteurs ou cils, dans le nombre et la disposition desquels l'auteur a constaté une constance propre à caractériser ou l'espèce, ou souvent le genre, et quelquefois même des groupes plus élevés.

» Les exceptions mêmes qu'il signale peuvent mettre sur la voie de découvertes nouvelles. En effet, il a vu dans plusieurs de ces Algues deux sortes de corps mobiles, les uns plus gros, et que leur germination ultérieure fait reconnaître à coup sûr pour des spores véritables et parfaites, les autres renfermés dans des cavités séparées, plus petits, réduits à deux cils, même quand les plus gros en ont un nombre double, et qu'il n'a jamais pu voir germer. Il se demande si ce ne seraient pas les produits des anthéridies, que, jusqu'à présent, on n'a pu découvrir dans ces mêmes Algues.

» A ces exceptions près, il a trouvé une constance remarquable tant dans la structure que dans le nombre des cils vibratiles, pour lesquels il indique cinq combinaisons. Il a étudié avec soin leurs mouvements, que détermine celui des cils battant l'eau, et ceux-ci, lorsque dans la plus grande activité de la vie ils s'agitent avec une extrême rapidité, s'aperçoivent très-difficilement ; mais alors il s'est aidé d'un moyen très-ingénieux, substituant à l'eau pure une infusion colorée où ils se voient mieux et dont les molécules en suspension, déplacées par le battement des cils, en indiquent le jeu.

» Ils deviennent beaucoup plus nettement visibles au moment où leur mouvement se ralentit ou s'arrête. Or, l'auteur a pu déterminer à volonté ce ralentissement par l'action de l'extrait aqueux d'opium ou de l'eau iodée ; cet arrêt par l'action de l'iode, de l'alcool, de l'ammoniaque, des acides, etc., est dû à la cessation même de la vie ; les zoospores qu'on y a soumises ne sont plus susceptibles de germer.

» Ils paraissent constitués par une matière demi-solide et homogène ; l'absence d'un tégument se manifeste directement quand plusieurs se fondent ensemble par quelque point de leur surface, ou quand, au contraire, un seul vient à se rompre en plusieurs ; l'auteur le prouve encore par l'action de l'ammoniaque, qui détermine leur décomposition avec diffluence, ainsi que cela a lieu pour les infusoires les plus simples. Mais ce n'est que dans leur premier âge : la spore germant se revêt promptement d'une membrane.

» L'influence de la lumière sur les mouvements des zoospores semble incontestable ; la plupart, et ce sont les plus actives, se portent généralement vers elle sur les parois du vase qui les contient. Cependant d'autres semblent la fuir au contraire ; d'autres enfin y restent indifférentes. On remarque des diversités notables à cet égard dans les divers genres ou espèces.

» On a, de plus, noté en quelque sorte le réveil des zoospores. C'est vers les premières heures du jour, mais non à la même pour des espèces différentes, que leur émission a lieu, et, suspendue par des jours obscurs, elle en attend un clair pour se manifester. Or, cette émission est due en partie à la mise en mouvement des zoospores, quoique l'auteur croie y reconnaître en outre une autre cause, la présence sur les parois du tube d'un liquide incolore et dense dans lequel elles nagent. La durée des mouvements se borne à quelques heures et dépasse rarement la journée, quoique le contraire puisse arriver ; l'auteur cite un cas où il en a vu encore le troisième jour, maximum qu'il ait observé.

» Une chaleur modérée favorise le mouvement, et, en général, la vie des zoospores ; une grande chaleur y nuit en déterminant une prompte décomposition.

» Enfin, il examine quelques animaux infusoires qui offrent avec ces zoospores une très-embarrassante ressemblance, notamment les *Diselmis* et les *Euglena* ; elle est telle qu'il est difficile d'établir entre les uns et les autres, dans la période de leur activité, et par conséquent entre les deux règnes, une différence tranchée. Cette différence ne se manifeste qu'à une observation patiente, en la suivant dans les diverses phases de leur vie et constatant leur mode différent de propagation. Mais, dans aucun cas, il n'a vu les uns passer aux autres, ni constaté aucune de ces prétendues transformations sur lesquelles on a fondé des théories qu'il repousse. »

En ce qui concerne les anthéridies et les anthérozoïdes, nous n'emprunterons au rapport que ce qui concerne les Algues :

» Dans les Fucacées, les anthéridies et les phytozoaires (anthérozoïdes) présentent une forme toute différente. Les premières sont des sacs simples ou doubles, portés sur des tubes garnissant des cavités superficielles ou conceptacles, soit concurremmennt avec les sacs sporifères, soit seuls, de telle sorte qu'en admettant la sexualité de ces deux organes, on aurait, ici comme dans les Phanérogames, les sexes tantôt réunis dans le même appareil, tantôt dissociés. Le même sac ou utricule renferme un grand nombre de phytozoaires, dont la forme est celle d'un ovoïde ou d'une bouteille, avec deux cils, l'un antérieur, l'autre postérieur, et ayant un rapport fixe de position avec un granule rougeâtre situé vers le milieu du corps. Cette forme est précisément celle des zoospores de beaucoup d'Algues marines ; mais il est à remarquer que, dans celles où l'on observe ces phytozoaires, les spores ne sont pas mobiles et ont une forme entièrement différente.

» L'auteur a soumis ces anthérozoïdes à l'action de divers réactifs, qui s'est trouvée la même que sur les zoospores ; la lumière paraît aussi exercer sur eux une influence analogue. Il existe donc entre les uns et les autres des rapports qui tendraient à les faire considérer comme deux états différents des mêmes corps ; mais la destination des zoospores est bien con-

statée, puisqu'on peut la suivre jusqu'à la germination, qui les développe en une plante semblable à celle qui les a produites, tandis que celle des anthérozoïdes voile un mystère. Il n'a jamais pu les voir germer, et ils disparaissent plus ou moins promptement.

» La fonction d'organes mâles, attribuée généralement depuis Hedwig aux anthéridies, n'a d'autres preuves jusqu'ici que leur présence à peu près constante auprès des autres organes reproducteurs dont la nature est mieux connue et qui ne paraissent se développer qu'en même temps et à côté d'elles, d'où l'on a conclu que c'était par leur concours.

» Mais ce concours n'a pu être constaté par l'observation directe, ce qui s'explique facilement, quand il s'agit de suivre des corps aussi mobiles et aussi petits.

» Quoi qu'il en soit, on voit que l'auteur du mémoire n° 3 (M. Thuret) a satisfait au programme et rempli toutes les conditions que la commission qui l'avait rédigé avait cru devoir joindre à son simple énoncé, sauf la détermination du rôle d'organes fécondateurs attribué aux anthéridies, et leur découverte dans les Lycopodes, les Champignons et les Lichens.

» Ce mémoire est accompagné d'un magnifique atlas de quatre-vingt-six planches. »

A la suite de ce rapport, le prix fut décerné à M. Thuret, auteur du mémoire n° 3; mais un second prix, sur la proposition de la commission, fut accordé à MM. Derbès et Solier.

Ces deux mémoires se complétaient en effet à quelques égards. Les observations de M. Thuret, beaucoup plus étendues, surtout en ce qui concerne les anthérozoïdes des Cryptogames supérieures et ceux des Fucacées, plus complètes aussi pour les zoospores des Algues, qu'il nomme *Phæosporées*, faisaient complétement défaut dans le mémoire envoyé au concours, en ce qui regarde les anthérozoïdes des Floridées. Ce n'est que plus tard, et lors de la publication de ses recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames, en 1851 (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. XIV, p. 214; t. XVI, p. 5), qu'il y a ajouté des observations sur plusieurs de ces plantes.

MM. Derbès et Solier, qui ont à peine effleuré ce qui a rapport aux anthérozoïdes des Cryptogames acrogènes, ont eu, au contraire, le mérite d'avoir observé avec beaucoup de soin les corps de cette nature dans le vaste groupe des Floridées, où ils avaient été à peine entrevus.

Leurs observations concordent dans leur ensemble avec celles qui ont été faites, quelques années après, par M. Thuret sur le même sujet, mais elles en diffèrent cependant dans un point très-essentiel. MM. Derbès et Solier assurent que les petits corpuscules sortis des anthéridies des diverses espèces de Floridées qu'ils ont observées se meuvent dans le liquide dans lequel ils se sont répandus, et présentent un cil ou appendice flagelliforme qui détermine ce mouvement.

M. Thuret, qui a repris ces recherches après eux sur les mêmes plantes ou sur des espèces voisines, et qui a cherché à constater ces phénomènes, affirme qu'il n'a jamais observé ni mouvement ni cils; il suppose que des monades mêlées aux anthérozoïdes ont été la cause des mouvements signalés par MM. Derbès et Solier.

De nouvelles observations étaient nécessaires pour résoudre cette question intéressante, car les observations des botanistes de Marseille portent sur un assez grand nombre de plantes et sont assez affirmatives pour que leur erreur fût difficile à admettre, et, d'un autre côté, le talent de M. Thuret pour les observations délicates de cette nature permettait difficilement de supposer que ces phénomènes pussent lui échapper. De nouvelles recherches de M. Thuret sont, en effet, venues confirmer ses premières observations.

Après ce concours intéressant, l'étude des Algues n'est pas restée stationnaire, et tandis qu'en Allemagne les Algues d'eau douce devenaient surtout l'objet des études biologiques de MM. Alex. Braun, Pringsheim, Cohn, de Bary, etc.; en France, les Algues marines étaient surtout le sujet des recherches de nos botanistes.

M. Thuret, poursuivant ses observations sur les Algues de nos côtes, soumit à des expériences précises le rôle des anthérozoïdes des Fucacées. Profitant de la séparation des anthéridies et des sporanges sur des individus différents dans quelques plantes de cette famille (*Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Ozothallia vulgaris*), qui sont de véritables végétaux dioïques, il constata que les spores, sorties des sporanges et maintenues dans de l'eau de mer, sans mélange d'anthérozoïdes, ne germaient pas et se décomposaient au bout de quelques jours; que les anthérozoïdes échappés des anthéridies et séparés des spores se mouvaient avec rapidité dans ce même liquide pendant environ vingt-quatre heures, puis cessaient leur mouvement et s'altéraient rapidement; qu'au contraire, si l'on réunissait dans de l'eau de mer les anthérozoïdes et les spores, les premiers se rapprochaient des spores, les entouraient souvent, et, par leur contact, déterminaient un mouvement de rotation rapide des spores, dont la constitution se modifiait, et qui devenaient alors un germe doué d'une vie propre et dont la germination commençait bientôt.

Ces phénomènes de fécondation directe des spores, jusqu'alors stériles, par les anthérozoïdes engagèrent M. Thuret à tenter des fécondations croisées entre les trois espèces dioïques que nous avons citées plus haut. Malgré l'apparence absolument semblable des anthérozoïdes de ces plantes, et quoique les phénomènes visibles se passassent exactement comme nous venons de les décrire dans la fécondation des spores par les anthérozoïdes de la même espèce, il n'y eut jamais de fécondation accomplie pour les spores des *Fucus serratus* et *Ozothallia vulgaris* par les anthérozoïdes des autres espèces: elles se décomposèrent bientôt sans germer. Au contraire, les spores du *Fucus vesiculosus*, mises en contact avec les anthérozoïdes du *Fucus serratus*, donnèrent lieu à quelques spores fertiles qui commencèrent à germer. Ce fait curieux permettrait-il d'admettre la création d'hybrides entre ces espèces, et serait-il l'origine, comme M. Thuret le fait remarquer, des nombreuses variétés que présente le *Fucus vesiculosus*, comparativement à la stabilité des autres espèces?

Ces faits, si intéressants pour l'histoire de la fécondation chez les végétaux en général, furent communiqués à l'Académie des sciences dans sa séance du 25 avril 1853 (*Comptes rendus*, t. XXXVI, p. 745).

L'auteur les a développés et complétés par de nouvelles expériences publiées en 1854 (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, t. II, p. 197). Il a répété ses essais de fécondations croisées en ajoutant l'*Himanthallia lorea* aux espèces qui avaient servi à ses recherches, et il est arrivé encore au même résultat, les spores du *Fucus vesiculosus* étant les seules qui aient été fécondées par des anthérozoïdes étrangers et seulement par ceux du *Fucus serratus*.

Mais l'emploi de réactifs propres à mieux apprécier la nature des matières qui constituent les anthérozoïdes et les spores l'ont conduit à un résultat d'une grande importance (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, t. VII, p. 34). M. Thuret avait déjà fait remarquer que les spores des Fucacées, avant la fécondation, étaient une masse de matière granuleuse, visqueuse, offrant des caractères constants, mais qu'aucune membrane ne limitait et dont une légère pression pouvait disjoindre les divers éléments. Plus tard, lorsque la spore se développe par la germination, une membrane bien apparente la limite ; or cette membrane, d'abord très-mince, apparaît au moment même où la fécondation s'opère : elle est le premier résultat visible de cet acte. Il suffit du contact des anthérozoïdes avec la spore pendant quelques minutes pour que le mouvement de rotation rapide imprimé à ce corps, et si bien décrit par M. Thuret, cesse, et pour qu'une membrane se forme à sa surface; au bout de huit à dix minutes, on peut, par l'emploi de divers réactifs, constater la présence de cette membrane et sa nature cellulosique.

Les deux mémoires de M. Thuret, dont nous venons de citer les résultats les plus importants, complètent, en ce qui concerne les Fucacées, son grand travail sur les zoospores et les anthéridies; et, au point de vue physiologique, ils ont cette grande importance de nous montrer sur le porte-objet du microscope les résultats du contact des corpuscules fécondants avec le germe qui doit être vivifié par ce contact, phénomènes qui, dans la plupart des autres végétaux, se passent dans la profondeur des tissus et ne pourraient être soumis à notre observation que par des dissections, qui, en altérant les organes, interrompent nécessairement leurs fonctions.

Les observations faites pendant les mêmes années en Allemagne sur des Algues d'eau douce (*Vaucheria*, *Œdogonium*, *Sphæroplea*) conduisent aux mêmes conclusions, c'est-à-dire que la formation d'une membrane cellulosique autour du germe embryonnaire est le premier résultat du contact des corpuscules fécondants.

Quel est le mode d'action de ces corpuscules ? Fournissent-ils une matière spéciale s'unissant au germe non fécondé, pour lui donner l'activité vitale ? Agissent-ils par leur simple contact ? C'est une question peut-être insoluble.

A la suite de ses observations sur la fécondation des Fucacées, M. Thuret a complété son mémoire du concours de 1847 par de nouvelles études sur les anthéridies des Dictyotées et des Floridées, qu'il n'avait pas examinées à cette époque, mais dont il avait fait connaître plusieurs exemples parmi les Floridées, lors de la publication de ce travail en 1851.

Dans un nouveau mémoire, publié en 1855, il décrit les anthéridies des Dictyotées, qu'il avait observées dans les diverses phases de leur développement sur le *Dictyota dichotoma*, et il confirme, par l'observation d'un grand nombre d'espèces de Floridées, la différence qu'il avait déjà signalée entre les anthérozoïdes de ces plantes et ceux des Fucacées. Ceux qu'il décrit ici, soit dans les Dictyotées, soit dans les Floridées, sont en effet, suivant lui, dépourvus de mouvement et de cils moteurs, et ses observations diffèrent en cela, comme nous l'avons déjà dit, de celles de MM. Derbès et Solier, qui attribuaient à ces petits corps un appendice flagelliforme et des mouvements distincts.

L'action fécondatrice de ces corpuscules n'avait pas pu alors être constatée par des expériences directes, et même les observations de M. Thuret sur la germination des spores des Floridées indiquaient que cette germination pouvait s'effectuer sans le contact des anthérozoïdes, qui par cela même ne paraissaient pas agir comme ceux des Fucacées; mais, d'un autre côté, l'existence, maintenant reconnue dans un si grand nombre de genres et d'espèces de cette famille, de ces anthéridies rendait difficile de ne pas leur accorder un rôle important dans la vie de ces plantes, et l'analogie de leur mode de formation les assimilait nécessairement aux anthéridies des autres Algues.

Ces présomptions ont été pleinement justifiées par les recherches poursuivies avec tant d'opiniâtreté et de talent par M. Thuret, auquel s'est associé son ami et collaborateur, M. Bornet, déjà connu par d'excellents travaux qui lui sont propres. En effet, après dix ans d'études sur ce sujet, ces deux habiles observateurs annonçaient à l'Académie des sciences, dans la séance du 10 septembre 1866, qu'ils avaient enfin découvert la manière dont la fécondation s'opère dans les Floridées (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXIII, p. 444); et quelque temps après, ils publiaient, avec plus de détails et avec les figures nécessaires pour l'intelligence d'une question des plus difficiles, les principaux résultats de leurs observations (*Recherches sur la fécondation des Floridées*, par MM. Bornet et Thuret, dans *Annales des sciences naturelles*, 5e série, 1867, t. VII, p. 137).

On sait que les Floridées présentent généralement deux modes de formation des spores, qu'on a désignés sous les noms de *fructification tétrasporique* et de *fructification cystocarpique;* c'est à cette dernière seulement que se rapporte la fécondation par les corpuscules sortis des anthéridies, observée dans beaucoup de genres appartenant aux diverses tribus de Floridées.

Les deux savants botanistes auxquels on doit cet important résultat, après avoir rappelé les recherches infructueuses faites précédemment sur ce sujet et avoir donné le détail de leurs observations, arrivent aux conclusions suivantes :

« Il résulte des faits exposés dans ce mémoire que l'appareil de fécondation des Floridées consiste en un petit corps celluleux terminé par un poil uniloculaire ou *trichogyne*. La fécondation est produite par la copulation des corpuscules des anthéridies avec ce trichogyne, et a pour conséquence le développement du fruit capsulaire ou cystocarpe.

» Sous ce rapport, toutes les plantes que nous venons d'examiner sont soumises à la même loi et présentent les mêmes phénomènes, mais l'uniformité ne va pas plus loin. La fécondation n'agit pas toujours de même sur la formation du fruit, et il semble qu'on peut dès à présent distinguer trois modifications principales dans la manière dont cette action s'exerce. Elle est à peu près directe dans les Némaliées, où le cystocarpe naît à la base même du trichogyne. Dans les autres tribus, au contraire, les cellules destinées à la formation des spores sont distinctes des cellules trichophoriques et ne reçoivent qu'indirectement l'influence de la fécondation. Cette action est plus indirecte encore dans les *Dudresnaya*, où l'appareil d'imprégnation est complétement isolé de l'appareil fructifère, et où il faut, pour ainsi dire, deux fécondations successives pour arriver à la production du fruit.

» Quoique ces observations ne portent encore que sur un petit nombre de genres, eu égard à tous ceux qui restent à étudier, nous croyons cependant qu'elles embrassent assez

sur la véritable nature de l'organe femelle des Floridées. Les fonctions du trichogyne sont trop évidentes pour qu'on se refuse à y voir un organe d'imprégnation, et il semble probable que, dans toutes les espèces qui possèdent la fructification capsulaire, la naissance du cystocarpe doit être précédée de quelque formation analogue à celles que nous venons de décrire.

» Le mode de fécondation des Floridées diffère essentiellement de tous ceux que l'on connaît dans d'autres Algues. Aucune analogie, même éloignée, ne semble le rattacher à ceux qu'on a observés jusqu'ici. On s'étonnera peut-être de trouver de telles dissemblances dans les fonctions les plus importantes de la vie, chez des plantes que l'on réunit sous une même dénomination; mais il ne faut pas oublier que ce nom d'Algues ne représente pas un ensemble nettement limité. Ce n'est, en réalité, qu'un nom commun sous lequel on comprend des familles appartenant à des types différents et qui n'ont souvent d'autres rapports que l'absence du tissu vasculaire et le milieu où elles croissent. Les Floridées forment parmi elles un groupe à part, qui n'a d'affinité bien marquée avec aucun autre. »

On ne peut que s'associer à cette opinion des éminents botanistes qui, depuis vingt ans, ont fait une étude si approfondie des Algues. En effet, rien n'est plus différent que la fécondation des Fucacées par l'action directe des anthérozoïdes sur les spores elles-mêmes et la fécondation telle qu'ils viennent de la découvrir dans les Floridées.

Ici, au lieu des anthérozoïdes doués de cils vibratiles et d'une rapide locomotion, les corpuscules fécondateurs sortis des anthéridies ne sont que de petits corps arrondis ou ellipsoïdes, probablement vésiculaires, dépourvus de cils et de mouvements propres; au lieu d'agir directement sur une spore déjà formée, ils viennent s'appliquer, s'unir à un filament allongé, tubuleux, qui transmet leur influence aux cellules placées à sa base et détermine la formation de nouvelles cellules dans lesquelles les spores des cystocarpes se développent.

Il y a là un mode d'action des corps fécondateurs et de transmission de leur influence qui diffère complétement de tout ce qui est connu jusqu'à ce jour dans les autres Cryptogames, à moins qu'on ne veuille y trouver une analogie éloignée avec les phénomènes de copulation qui précèdent le développement de l'*hymenium* des Pezizes et autres Champignons de la famille des Discomycètes, dont nous rendrons compte plus loin.

Ajoutons que MM. Bornet et Thuret ont observé plusieurs fois que, lorsque certaines circonstances empêchaient le contact et l'union des corpuscules des anthéridies avec le filament qu'ils désignent par le nom de *trichogyne*, le cystocarpe ne se développait pas, et la plante restait stérile : preuve évidente de l'action fécondatrice de ces corpuscules.

Voilà donc un autre groupe important parmi les Cryptogames qui rentre dans la grande loi de la reproduction sexuelle.

Enfin, pour compléter ce qui concerne la généralité de la reproduction sexuelle des végétaux de cette grande classe des Algues, nous devons ajouter que les Zoosporées, qui paraissaient se reproduire sans le concours de ce double système d'organes, offrent, au contraire, dans plusieurs de leurs genres, outre la reproduction par zoospores, une production de spores d'une nature spéciale, fécondées par des anthérozoïdes de fécondation dans la classe des Algues. Ce sont les naturalistes allemands que nous avons déjà cités plus haut qui ont ajouté ces faits importants (1) à ceux qui concernent les Algues marines.

A ces découvertes remarquables concernant l'organisation générale et le mode de reproduction des Algues, nous devons ajouter des travaux plus spéciaux, qui ont cependant concouru à compléter nos connaissances sur ces phénomènes et à mieux faire connaître ces végétaux.

Déjà, en 1844, M. Thuret s'était occupé de la structure et du mode de reproduction des Nostocs, ces singuliers végétaux qu'on voit apparaître, après les pluies, à la surface du sol, sous forme de masses irrégulières remplies d'une gelée verdâtre. En 1857, il a publié de nouvelles observations sur ce sujet et sur un autre genre de la même tribu, *Anabaina* ou *Cylindrospermum* de Ralfs; il a constaté dans plusieurs espèces du premier genre la reproduction par transformation des chapelets qu'ils renferment en nouveaux individus. Dans le second, il se forme à l'extrémité des filaments en chapelets une véritable spore, qui, par la germination, produit de nouveaux filaments moniliformes. Mais un fait remarquable dont M. Thuret s'est assuré, c'est que ces spores sont susceptibles de germer après une conservation de dix ans en herbier. C'est un nouvel exemple de ces corps reproducteurs qui, au lieu de se développer immédiatement comme les zoospores et les spores de beaucoup d'Algues, peuvent conserver pendant longtemps, malgré leur dessiccation, la propriété de reproduire la plante lorsque des conditions favorables se présentent.

En 1851, MM. Derbès et Solier publiaient, en addition au mémoire auquel l'Académie avait accordé une distinction si flatteuse, un nouveau travail comprenant des observations sur la structure et sur les organes reproducteurs de dix-neuf espèces d'Algues de la Méditerranée, appartenant à dix genres différents, dont plusieurs ne figuraient pas dans leur premier mémoire et dont trois sont établis comme nouvelles divisions par ces savants. On remarque surtout dans ces études de nouvelles observations sur les anthéridies et les anthérozoïdes de plusieurs genres de Floridées, qui montrent la généralité de l'existence de ces organes, et qui, à défaut d'expériences directes, tendaient à établir d'une manière de plus en plus certaine le rôle fécondateur de ces parties, qui a été depuis lors si bien démontré par les recherches de MM. Bornet et Thuret, que nous avons citées plus haut. En 1856, M. Derbès ajoutait quelques observations sur ce sujet en publiant le genre nouveau de la famille des Floridées qu'il désignait sous le nom de *Ricardia*. En 1847, M. Solier avait aussi fait connaître une Algue marine voisine des *Vaucheria*, appartenant, comme ce dernier genre, à la famille des Zoosporées, mais s'en distinguant par le mode de formation des spores et par les cils disposés en couronne qui déterminent leur mouvement.

Parmi les explorateurs les plus infatigables et les plus in-

(1) Dès le commencement de ce siècle, Vaucher avait déjà soupçonné les fonctions des anthéridies dans le genre des Conferves qu'il désignait sous le nom d'*Ectosperma*, et qu'on a nommées depuis *Vaucheria*; mais le mode d'action des organes fécondateurs n'a été constaté que par M. Pringsheim en 1855.

Les observations du même naturaliste sur les *Œdogonium* et les *Bolbochæte*, publiées en 1856; celles de M. Cohn sur le *Sphæroplea annulina*, en 1855, ont confirmé et rendent très-probable la généralité de ce phénomène dans les Algues zoosporées. (Voyez *Annales des sciences naturelles*, 4e série, t. III, p. 363; t. V, p. 187, 250; t. XI, p. 273.)

rères, pharmaciens à Brest, qui, dès 1835, s'étaient montrés »ons observateurs par un mémoire sur les *Ceramium* (*Annales les sciences naturelles*, 2e série, 1835, t. III), et qui, dans pluieurs mémoires publiés successivement de 1844 à 1859, ont lécrit avec beaucoup de soin l'organisation de diverses Algues, obtenues surtout par le draguage de la rade et des côtes de Brest, plantes la plupart de petite dimension, qui avaient jusqu'alors échappé aux recherches des autres botanistes. Ils ont ainsi fait connaître les genres nouveaux institués par eux sous les noms de *Grammitella* (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, 1848, t. X), de *Cylindrocarpus* (*ibid.*, 3e série, 1851, t. XV), de *Dermocorynus* et de *Dermocarpa* (*ibid.*, 4e série, 1858, t. IX), de *Cruoreilla* et de *Rhododiscus* (*ibid.*, 4e série, 1859, t. XII); ils ont décrit plusieurs espèces nouvelles de genres rares et peu connus, tels que les *Nitophyllum*, *Peysonella*, *Crouania*, *Hapalidium*, *Contarinia*, *Naccaria* et *Atractophora*. Ils ont dirigé surtout leur attention sur de petites Algues du groupe des Floridées, se développant à d'assez grandes profondeurs, sur des fragments de roches ou de poterie, ou croissant parasites sur d'autres Algues. Tous ces travaux, qui intéressent en même temps la phycologie générale et la flore de nos côtes, ont été exposés par ces naturalistes, dans leur ensemble, dans leur Florule du Finistère, publiée en 1867, où la famille des Algues est traitée avec un soin tout particulier.

M. Bornet, dont les études se sont portées sur diverses familles de Cryptogames, a fait connaître d'une manière très-complète un nouveau genre, *Lejolisia*, fondé sur une petite plante de la division des Floridées qui croît dans la Méditerranée, parasite sur d'autres Algues.

Enfin, M. de Brebisson, qui s'était déjà occupé plus anciennement de la famille si singulière des Diatomées, a publié diverses notices sur les végétaux de cette famille observés par lui dans les eaux douces de la Normandie.

M. Le Jolis, utilisant les nombreux matériaux réunis par lui depuis bien des années, et dont il avait fait connaître une partie dans ses fascicules d'Algues desséchées des côtes de Cherbourg, publiait, en 1863, sous le titre modeste de *Liste des Algues marines de Cherbourg*, un ouvrage plein d'intérêt sur la flore marine de ce point remarquable de nos côtes. Une introduction de quelques pages fournissait d'utiles renseignements sur la nature du sol et les profondeurs que préfèrent diverses espèces.

L'énumération des espèces est très-complète; une synonymie étudiée avec soin précise les espèces déjà connues; des observations signalent les variétés et appellent l'attention sur les espèces douteuses; plusieurs Algues nouvelles y sont décrites, soit d'après les propres observations de l'auteur, soit par suite des communications de M. Thuret, qui, s'étant fixé à Cherbourg pendant plusieurs années pour ses recherches sur les Algues, a fourni à M. Le Jolis des notes souvent accompagnées de dessins sur des genres et des espèces nouveaux observés par lui, qui ajoutent un intérêt de plus à cette flore algologique.

Nous devons aussi signaler ici un travail dû, il est vrai, à un habile botaniste russe, mais qui, résultant d'observations poursuivies sur nos côtes et publiées dans les mémoires d'une de nos sociétés savantes les plus actives de la Normandie, peut réclamer un brevet de nationalité : je veux parler du mémoire de M. Rosanoff, publié dans les Mémoires de la Société de *Recherches anatomiques sur les Mélobésiées*.

Ces Algues incrustées de matière calcaire forment une tribu de Corallinées crustacées adhérentes, soit aux rochers, soit sur d'autres Algues, et dont la structure et le mode de fructification sont très-dignes d'intérêt. Elles avaient déjà été rangées, comme les Corallinées proprement dites, par M. Decaisne et par les botanistes qui avaient adopté ses idées, dans la grande division des Algues floridées ou Choristoporées; mais les analyses microscopiques de plusieurs des espèces appartenant aux trois genres de ce groupe, l'étude du développement de leurs tissus et de la structure de leurs organes reproducteurs et les excellentes figures qui les représentent donnent un grand intérêt au travail de M. Rosanoff.

On doit au même savant des expériences, également faites sur nos côtes du Cotentin, sur la respiration des Floridées ou Algues colorées en rouge, par lesquelles il a constaté que ces Algues, malgré l'absence de chlorophylle, remplacée ici par un pigment rouge, agissent sur l'air dissous dans l'eau de la mer comme les feuilles vertes des plantes aquatiques ordinaires, c'est-à-dire qu'elles décomposent l'acide carbonique sous l'influence de la lumière en fixant le carbone et dégageant l'oxygène, le phénomène inverse ayant lieu dans l'obscurité. M. Rosanoff a publié une note courte, mais très-précise (*Annales des sciences naturelles*, 5e série, 1865, t. IV, p. 320), sur ce fait important pour la physiologie, à l'occasion d'une notice présentée par M. Van Tieghem à l'Académie des sciences (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865, 6 novembre, p. 804; — *Annales des sciences naturelles*, 5e série, t. IV, p. 315) sur la présence, souvent fort abondante, de la fécule dans les Algues floridées, fait qui lui paraissait en contradiction avec la nature de la respiration essentiellement comburante qu'il pensait appartenir à ces Algues rouges.

Nous ferons aussi remarquer que, dans ce travail, qui n'a été publié qu'en extrait, M. Van Tieghem signale des différences assez notables entre les granules amylacés de ces Algues et les vrais grains d'amidon, sous le rapport surtout de l'action des réactifs chimiques.

A. Brongniart,
Membre de l'Institut,
professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

CONGRÈS DES NATURALISTES ET MÉDECINS ALLEMANDS.

SESSION DE FRANCFORT-SUR-LE-MEIN.

M. WUNDT.

La physique de la cellule dans ses rapports avec les principes généraux de l'histoire naturelle.

C'est une tâche toujours difficile que de tracer en peu de mots un tableau représentant les progrès et l'état actuel d'une science; aussi le physiologiste doit-il renoncer à une pareille entreprise.

Il n'existe pas d'ailleurs une autre science naturelle capable de se diviser en autant de branches différentes que la nôtre, à cause de ses nombreuses méthodes et de ses divers moyens d'observation. Tandis que la physiologie de la nutrition s'est déjà élevée au rang de chimie organique appliquée,

l'histoire du développement et de la croissance est bornée encore presque entièrement à la morphologie, à l'analyse des faits anatomiques. Tandis que l'étude de la sensibilité et du mouvement revient à l'analyse de processus physiques, nous nous trouvons, relativement à la théorie de la perception des sens et des fonctions cérébrales, placés au milieu de recherches psychologiques et dans l'arène des écoles philosophiques. Cependant, comme je le pense, la physiologie est moins menacée que la physique et la chimie de se voir démembrer en une série de sciences distinctes telles que la division du travail a coutume d'en créer. Ce qui forme un faisceau compacte de notre science, c'est son objet même. En effet, l'organisme est une unité dont les propriétés et les fonctions ramènent l'esprit au tout dans lequel nous les observons. Les faits physiologiques qui se présentent à nos yeux comme une série de processus physico-chimiques, toutes les fois que nous pénétrons dans les détails de chacun d'eux, nous apparaissent au contraire comme de simples moyens qui servent à l'accomplissement du but de la vie, toutes les fois que nous considérons l'ensemble de l'organisme. C'est ainsi que l'unité de notre science a son germe dans l'idée du but. Il ne faut donc point s'étonner que cette notion qui d'abord a réuni tout l'ensemble, ait dominé la plupart du temps l'analyse des faits épars. Le philosophe qui, mieux que personne, a su caractériser l'état scientifique des temps modernes, Kant, a posé un principe en tête de l'ouvrage qui a trait aux produits naturels organisés, en tête de sa critique du jugement téléologique. D'après ce principe, la causalité mécanique qui règne dans la nature morte cesserait complétement dans la nature vivante; elle serait remplacée par la causalité du but, dans laquelle ce n'est plus la cause qui produirait l'effet, ni la partie qui formerait le tout, mais où, au contraire, la suite déciderait le motif, et le tout formerait la partie. Ce principe nous représente l'opinion généralement admise aussi bien dans les temps passés que dans notre siècle, et même jusqu'à l'époque du développement récent des idées physiologiques.

La forme la plus ancienne sous laquelle s'est présentée la doctrine d'après laquelle le but réglerait la nature organisée, cette forme qui paraît avoir enfanté toutes les autres doctrines téléologiques, c'est l'animisme, doctrine suivant laquelle il existerait un principe divin provoquant les actes physiologiques. De même que le marbre est façonné par la main de l'artiste, suivant l'expression d'Aristote, de même le corps vivant serait façonné par l'âme qui réside en lui. Tantôt nous voyons cette doctrine se réfugier dans l'adoption d'une âme universelle mystique, qui, animant aussi la matière inorganique, menace d'anéantir la causalité mécanique dans la nature tout entière; tantôt nous assistons à des tentatives de conciliation entre des choses inconciliables, comme la libre destination du but et le mécanisme aveugle, par l'intermédiaire d'une volonté divine ou avec le secours d'une harmonie préexistante. La doctrine animiste a revêtu, entre les mains des médecins, une autre forme intéressante pour l'histoire de la physiologie. Habitués à faire des humeurs et des organes les agents des fonctions, les médecins ont matérialisé et divisé le principe psychique originellement indivisible. L'animisme est devenu ainsi le vitalisme. On croyait expliquer la vie en admettant que l'être visible et vivant était gouverné par un être invisible; mais le fait que dans l'organisme chaque partie a une vie propre et est indépendante de la masse totale vivante, fut expliqué par l'image ontologique d'une échelle hiérarchique des forces vitales. Peu soucieux de revenir de cette tentative de Stahl au vrai animisme et d'abandonner les doctrines des iatromécaniciens, le vitalisme, pendant presque tout le temps du développement de notre science, est demeuré la doctrine prédominante et fondamentale, et l'on ne s'apercevait pas autrefois, ni même de nos jours, que le vitalisme n'était qu'une aberration de ce vieil animisme contre lequel l'observation s'était heurtée au premier pas qu'elle avait fait dans le domaine de la nature organique.

Aujourd'hui le vitalisme est banni de la science physiologique, et il serait vraiment inutile de lui jeter une dernière pierre. Néanmoins on ne peut nier que la campagne entreprise contre cette doctrine n'ait guère accru jusqu'ici nos connaissances que d'une manière négative, car la racine du vitalisme est restée, et cette racine c'est le principe téléologique, le principe du but. Quand même il serait démontré cent fois, ce qui l'est déjà, que la plante croît, produit des feuilles, des fleurs et des fruits exclusivement d'après des lois mécaniques, on verrait revenir sans cesse cette idée, que tout ce qui se passe dans la plante est rigoureusement réglé suivant un but. Nous ne pouvons nier d'ailleurs que ce principe du but, importé dans le domaine des sciences naturelles inorganiques par voie spéculative, ne semble autorisé en quelque sorte dans l'étude de la matière organique, par suite de la tendance aux conceptions immédiates. Après la réfutation du vitalisme, le principe du but n'est donc pas encore banni de l'étude des sciences naturelles organiques. Que ce principe soit ici une surcharge, une chose subjective admise au sujet des corps devenus vivants par des causes mécaniques, ou qu'il prenne racine d'une manière objective dans la nature et dans l'apparition des êtres organiques, ce sont deux questions qui, depuis des siècles et aujourd'hui même, sont l'objet de nos méditations. Toutefois, si je ne me trompe, le récent développement des sciences naturelles, et particulièrement de la science des corps organiques, nous a fourni quelques principes généraux qui ne permettent pas, il est vrai, de donner une réponse définitive à ces questions, mais qui rendent possible le commencement d'une solution. Un de ces principes fondamentaux c'est la loi de la conservation des forces, cet axiome de physique générale admissible au même degré dans l'étude des phénomènes physiques et des phénomènes physiologiques, mais dans un sens plus restreint. Ce principe s'exprime en disant que la somme des forces naturelles considérées en activité ou à l'état statique reste constante. Il est redevable de sa haute importance à ce fait, qu'il est indépendant de la nature même des forces que l'on considère. C'est pourquoi ce principe est appelé à éclairer plus tard les sciences dans lesquelles la nature des forces n'a pas encore été l'objet de recherches; ainsi il fera pénétrer plus intimement dans l'analyse physique, et procurera la possibilité de ranger certains faits dans la causalité générale des choses naturelles. Quelques autres principes plus hypothétiques, dus au développement moderne de l'histoire naturelle des corps organiques, existent en germe dans la théorie qu'on a coutume d'appeler la théorie de Darwin. Nous trouvons ici des principes qui ne sont pas du domaine exclusif de la causalité mécanique, et dont quelques-uns se présentent comme des principes téléologiques; mais toujours est-il qu'ils sont aptes à nous faire passer de la physique des organismes élémentaires à la physique des organismes com-

plexes. A la fin de ce discours, j'aurai peut-être le temps et l'occasion d'expliquer en peu de mots ce mode de passage.

Ce serait dépasser les limites qui me sont imposées et tenter un travail au-dessus de mes forces que d'essayer d'esquisser, même en traits rapides, les transformations que la physiologie toute entière paraît devoir éprouver sous l'influence de ces principes généraux. Je me bornerai donc à entreprendre l'étude d'un seul chapitre de la physiologie, chapitre dont on a dit depuis longtemps, à juste titre, qu'il a trait aux questions fondamentales de l'histoire naturelle des corps organiques. Et, suivant moi, ce chapitre est le plus approprié à l'objet de ce discours, qui est de donner en quelque sorte un tableau des méthodes d'investigation et des idées qui règnent actuellement dans la physiologie comparativement aux méthodes anciennes.Ce chapitre est l'étude de la cellule. Jusqu'à nos jours, cette étude était demeurée essentiellement la biologie de la cellule, la science des manifestations extérieures des parties les plus élémentaires, de leur forme, de leur agencement et de leur développement pour former des tissus, des organes et des organismes complexes. A la louange de cette méthode, on n'hésitera pas à avancer que la biologie de la cellule est aujourd'hui sur le point de devenir la physique de la cellule. Naguère encore le professeur Virchow demandait aux médecins d'apprendre à penser d'après le microscope, de rapporter les processus extérieurs de l'organisme aux modifications intimes que le microscope nous dévoile; mais nous devons exiger dès aujourd'hui du physiologiste qu'il apprenne à raisonner d'après la physique, qu'il ne se contente pas des phénomènes biologiques élémentaires que lui fait apercevoir le microscope, mais qu'il sache les interpréter dans le sens des processus physiques. J'ai établi précédemment, comme principe primaire qui doive servir de base à nos considérations sur l'organisme, le principe de la conservation des forces. L'application en a été faite avec un plein succès à l'histoire naturelle des corps organiques, pour démontrer le grand rapport qui existe entre les forces actives des organismes végétaux et animaux comparées entre elles, ainsi que leur liaison avec les agents physiques extérieurs. Les conclusions que Mayer et Helmholtz ont tirées de ce principe général ont été confirmées par des recherches ultérieures faites dans diverses directions mais nous pouvons également aborder l'étude de la cellule en nous appuyant sur ce même principe qui doit nous servir de règle. En effet, cette loi, comme on peut en juger d'après les déductions et les applications qu'elle fournit, n'a de signification qu'autant que nous l'appliquons aux forces centrales proprement dites, c'est-à-dire à celles qui agissent en fonction de la distance, par conséquent aux forces telles que nous les considérons dans la mécanique et dans ses applications.

Si, appuyés désormais sur ce postulatum, nous abordons l'étude de la physique de la cellule, nous sommes obligés d'exclure, dans l'explication des formes de la matière organisée, toute force autre que celles que nous connaissons d'après la mécanique et ses applications. Il résultera de ce fait même que toutes nos considérations à ce sujet seront essentiellement modifiées. Les phénomènes biologiques de la cellule ne pourront désormais être distraits de notre étude, comme si nous devions considérer la cellule élémentaire comme étant la forme la plus simple, impossible à approfondir davantage, et dont nous ne serions capables que de suivre les métamorphoses. Au contraire, la première question à laquelle il nous faudra répondre, ce sera celle de savoir dans quelles circonstances, dans quelles conditions physiques, certains matériaux s'isolent pour revêtir la forme sous laquelle se présente l'organisme élémentaire, c'est-à-dire la cellule elle-même.

Il arrive souvent que les auteurs de vérités nouvelles devancent l'avenir dans leurs conceptions; c'est ce qui est arrivé à Schwann. Lorsqu'il démontrait l'analogie essentielle qui existe entre la structure des organismes végétaux et animaux, Schwann conçut une idée confuse de ce qui est devenu aujourd'hui un fait reconnu. La théorie de Schwann doit en effet être considérée comme le premier essai, comme l'ébauche de la physique de la cellule. Ce savant considéra la formation de la cellule comme une cristallisation de matériaux susceptibles de se gonfler. Mais nous ne regardons plus aujourd'hui, à l'exemple de Schwann, comme parties essentielles de la cellule, le noyau ni les membranes qui, d'après son opinion, étaient les couches des parties cellulaires capables de se gonfler. Pour nous, c'est le contenu de la cellule qui est le principal agent de ses fonctions. Toutefois, si les faits ont beaucoup modifié les idées depuis l'époque de Schwann, la base de sa doctrine existe encore. D'après cette doctrine, la génération des cellules dépend des conditions particulières d'agrégation et de précipitation des matériaux organiques, et c'est à ces idées fondamentales que nous ramènent aujourd'hui les recherches faites dans les directions les plus variées. Il est reconnu que les matières considérées spécialement comme histogénétiques, telles que l'albumine, la gélatine, la gomme, l'amidon, etc., présentent quelque chose de particulier dans leurs processus physiques. Ce fut Graham qui, le premier, distingua ces corps des substances cristallisables, à cause des particularités qu'ils présentaient, et les désigna sous un nom particulier. Il appela *colloïdes* les substances susceptibles de se gonfler, présentant des singularités dans la manière de se dissoudre et de se séparer de leurs dissolvants, et les différencia ainsi de la plupart des corps inorganiques cristallisables, auxquels il donna le nom de *cristalloïdes*. Mais à cette distinction dans les dénominations se sont jointes, comme il arrive souvent, des idées qui paraissaient établir une différence encore plus profonde entre les substances organiques et inorganiques. On a cru et l'on croit parfois aujourd'hui, que les corps organiques diffèrent essentiellement des autres corps naturels; on dit qu'il est dans la nature de leurs parties les plus ténues de ne pouvoir cristalliser, et que c'est précisément cette propriété qui occasionnerait le mode de précipitation des corps organisés. Mais la lumière polarisée vous a fourni un moyen d'étude qui est à la vue aidée du microscope comme le microscope est à la vue simple. Les recherches faites avec la lumière polarisée nous dévoilent dans les corps organisés des phénomènes qui présentent une analogie essentielle avec les phénomènes observés dans les cristaux. Partout où se précipitent des matériaux très-ténus, soit sous la forme de membranes cellulaires, soit sous la forme de particules au sein du contenu des cellules, nous voyons apparaître des phénomènes qui, il est vrai, ne sont pas complétement comparables aux phénomènes observés, lorsque nous faisons des recherches sur une coupe fine d'un corps biréfringent, comme le spath d'Islande. Mais les phénomènes que nous offrent les corps organisés biréfringents, au microscope polarisateur, peuvent s'interpréter le plus souvent comme si ces corps étaient formés d'une grande quantité

de petites lamelles cristallines placées les unes sur les autres et occupant diverses directions, mais disposées néanmoins suivant une coupe parallèle. Il en résulte que les phénomènes sont très-compliqués. Or nous n'avons plus à considérer de simples cristaux, mais des agrégats dont chaque particule se comporte comme un corps particulier biréfringent. Néanmoins, bien que ces corps organisés, devenus solides, présentent des phénomènes analogues à ceux qu'offrent les cristaux biréfringents, il s'en faut beaucoup que leur structure cristalline soit démontrée. Nous savons que le verre lui-même, lorsque nous le comprimons ou le dilatons d'une manière inégale sous l'influence de la chaleur, peut offrir des phénomènes analogues à ceux que présentent les cristaux; nous savons enfin, d'après les expériences de Fizeau, qu'un rayon de lumière passant à travers une fente étroite est polarisé parallèlement à la direction de la fente. Mais une série de phénomènes prouvent que dans les corps organisés nous n'avons pas affaire en général à ces phénomènes de pression ou de dilatation inégale, ni à ceux qui sont relatifs aux fentes étroites, bien que ces phénomènes puissent introduire parfois des complications dans les faits observés. Par exemple, quand il s'agit des membranes des cellules végétales, la polarisation ne se fait pas toujours parallèlement aux bords des fentes. Chez les corps organisés animaux, où nous ne constatons plus une forme aréolaire comme dans les cellules végétales, une pareille interprétation serait à peine admissible, c'est pourquoi E. Brücke, dans ses recherches sur les propriétés biréfringentes des muscles, a attribué ces propriétés à de petits corpuscules cristallins biréfringents.

Les corps organisés se distinguent du verre comprimé en ce que leurs propriétés biréfringentes ne sont pas notablement modifiées par la traction ni par la compression. Mais ce qu'ils offrent de caractéristique, ce sont les phénomènes optiques qu'ils présentent après avoir absorbé l'humidité. Si l'on fait gonfler dans l'eau un tissu animal ou végétal, les propriétés biréfringentes de ce tissu se modifient contrairement à ce qu'on observe d'ordinaire. On voit très-souvent la double réfraction diminuer beaucoup plus qu'on ne s'y serait attendu à la suite du gonflement et de la pénétration d'un milieu indifférent. Mais on connaît une série de phénomènes qui nous donnent la clef de l'explication de ces particularités : ce sont précisément les phénomènes que nous présentent les liquides au sein desquels les parties solides organisées se déposent sous la forme de cristaux; je veux parler des liquides tels que l'albumine, la gélatine. C'est le physicien Biot qui a démontré le premier que les solutions de certains cristaux étant traversées par un rayon de lumière polarisée, se comportent comme le cristal de roche, c'est-à-dire comme si elles tenaient en suspension des molécules produisant une rotation du plan de la lumière polarisée. Les recherches de Pasteur nous ont appris d'ailleurs que lorsque nous étudions la cristallisation des corps qui entrent dans ces solutions, nous leur trouvons des formes cristallines analogues à celles que présente le cristal de roche. Ce sont toujours des corps possédant la propriété qu'on appelle hémiédrie; ce sont des formes paraissant résulter de la pénétration mutuelle de deux cristaux du même système. Or, des expériences récentes ont prouvé que les corps colloïdes possèdent à un haut degré cette propriété rotatoire vis-à-vis de la lumière polarisée, bien qu'il nous soit difficile d'admettre que, dans ces solutions, les particules des corps dissous jouent le rôle de molécules cristallines. Il existe un liquide au sujet duquel le célèbre physicien Fresnel avait été conduit à admettre cette supposition; c'est l'essence de térébenthine. Une colonne de ce liquide, placée entre deux rhomboèdres de spath d'Islande, se comporte comme un corps biréfringent.

C'est aux recherches physico-physiologiques qu'il appartient de montrer comment les corps colloïdes qui, de même que l'albumine, la gélatine, etc., se distinguent par un pouvoir rotatoire si considérable, se comportent néanmoins d'une manière analogue à l'essence de térébenthine. Il est encore une autre propriété bien plus importante, et que les recherches optiques seules nous révèlent, c'est celle qui nous montre comment les tissus eux-mêmes ressemblent sous certains rapports aux solutions des corps colloïdes. En effet, après l'addition de certaines substances indifférentes aux solutions des corps colloïdes, tels que l'albumine, nous constatons que ces solutions se sont modifiées, puisqu'elles ont fait varier la rotation de la lumière polarisée de manière à prouver que le dissolvant n'a pas pénétré comme un milieu indifférent entre les particules du corps solide, mais qu'il a modifié une influence sur la position et la forme de la molécule. Je ne m'étendrai pas davantage sur ces considérations. Nous sommes ramenés ici à des vues peu différentes de celles que Schwann émit autrefois. La cellule ne nous apparaît pas, il est vrai, comme l'équivalent d'un cristal inorganique, mais nous ne pouvons admettre qu'il existe une différence essentielle entre les plus fines particules des corps organisés et celles des autres corps bruts. Nous constatons que la forme fondamentale dont se revêt la cellule est la forme que les liquides prennent habituellement, c'est-à-dire celle de la *goutte d'eau*, et que l'étude de leur structure élémentaire efface la distinction établie jadis entre la matière organique et la matière inorganique.

Ce serait mon devoir de vous montrer comment des considérations semblables commencent à pénétrer de plus *en plus* dans la chimie de la cellule. Il ne s'agit plus ici de distinguer la matière organique de la matière inorganique, mais il s'agit d'apprécier cette différence fondamentale qu'on croyait exister autrefois entre la cellule végétale et la cellule animale. Les recherches morphologiques avaient établi depuis longtemps la similitude de la structure originelle des cellules animales et végétales; mais aujourd'hui la physique de la cellule nous prouve, à l'aide de faits encore peu nombreux, que les fonctions de la cellule et en particulier les processus chimiques de l'assimilation et de la nutrition chez l'animal et chez la plante, ne diffèrent point l'un de l'autre comme l'admettait la physiologie d'autrefois, en renversant sciemment *ou à son* insu les idées téléologiques. La cellule végétale, pensait-on alors, devait créer la matière organique, et la cellule animale devait la détruire ensuite afin que, par cette alternative de création et de destruction, le but général de la vie fût atteint. Nous sommes obligés d'admettre aujourd'hui que si la cellule végétale est le siége d'un phénomène de réduction par lequel l'acide carbonique est décomposé en ses éléments, il se produit un phénomène semblable dans la cellule animale. Je signalerai à votre attention la formation reconnue aujourd'hui de combinaisons non azotées dans l'intérieur de la cellule animale. Alex. Schmidt, l'un de nos physiologistes les plus distingués, a le premier fait observer qu'après l'addition d'acide carbonique au sang, le contenu total en acide carbonique

diminue dans certaines circonstances; or, cette observation vient fournir un appui direct à l'idée d'un phénomène de réduction. Le globule sanguin joue donc un rôle analogue à celui que joue la chlorophylle dans la cellule végétale vis-à-vis de l'acide carbonique de l'atmosphère. La seule différence qui existe, c'est que dans la cellule du sang il s'opère en outre un processus d'oxydation qui l'emporte sur le processus de réduction. D'un autre côté, il est reconnu depuis fort longtemps que la cellule végétale est le siége d'un processus d'oxydation qui se produit à côté d'un processus de réduction. De même que la chlorophylle de la cellule végétale absorbe l'acide carbonique, de même le protoplasme incolore de cette cellule absorbe l'oxygène, et cet acte correspond complétement à l'absorption de l'oxygène par la cellule sanguine dans l'intérieur des poumons. Ces considérations sur la chimie de la cellule nous expliquent une analogie qui avait été déjà signalée depuis longtemps par les morphologistes, au sujet des mouvements spontanés du contenu protoplasmique de la cellule, depuis qu'Unger avait appelé l'attention sur la ressemblance qui existe entre le contenu primitif de la cellule végétale et celui de la cellule animale. De même que l'examen physique de la structure élémentaire de la cellule nous a fait lever cette barrière placée entre la matière organique et la matière inorganique, de même des recherches plus approfondies sur les fonctions de la cellule combleront cet abîme qu'on a creusé entre l'animal et le végétal. Il n'existe de différence réelle que dans la prédominance de l'un ou de l'autre des processus chimiques. Les considérations tirées de la physique ont été encore de peu d'utilité dans une branche de la science, dans celle qui a trait à la multiplication des cellules. En effet, il a été presque impossible jusqu'ici de suivre dans cette étude une marche différente de celle qu'on suivait autrefois, et qui consistait à grouper d'une manière descriptive les faits les uns à côté des autres. Mais il nous reste un moyen, c'est de soumettre les faits aux données physiques. Ainsi nous ne regardons plus aujourd'hui le noyau comme un être énigmatique, provoquant par une force occulte la formation et la multiplication des cellules; mais ce noyau nous apparaît comme un précipité qui s'est formé au sein du contenu cellulaire, et qui exerce une influence physique ou chimique sur la répartition de ce contenu. Les modifications concomitantes qui se produisent dans le contenu cellulaire viennent confirmer cette opinion. Enfin, nous sommes conduits à considérer la génération des cellules comme liée, du moins dans la plante, à la cessation du mouvement protoplasmique, et dès lors la multiplication des cellules nous apparaît comme un phénomène analogue au phénomène fondamental de la formation de la goutte d'eau.

Ces remarques sur la multiplication des cellules termineront les considérations dans lesquelles je suis entré. Nous sommes arrivés à la tête de ce pont qui nous conduit, du domaine de la physique cellulaire, sur un terrain nouveau et extrêmement difficile à explorer, qui nous sert d'introduction à la physique des organismes complexes, la plus élevée et la plus belle branche de l'histoire naturelle.

WUNDT,
professeur à l'université de Heidelberg.

— Traduit de l'allemand par le Dr Rabuteau. —

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

DARWIN A LA COUR IMPÉRIALE DE PARIS. — Dans le discours de rentrée, dont la *Revue des cours littéraires* parlait samedi dernier, M. l'avocat général Ducreux ne s'est pas contenté de remonter à Cécrops et à Ménès, il est *remonté* aussi Darwin, car il fait de notre illustre contemporain un homme du XVIIIe siècle. Voici ce passage curieux à plus d'un titre :

« Certains savants, adeptes de cette science pseudo-nouvelle qu'on nomme la biologie, ressuscitent avec quelques variantes le système de Darwin (1). Ce médecin anglais a eu la prétention de démontrer, dans un livre qui traite de la « zoonomie », comment se forment les hommes, les animaux et les plantes. Tous ces êtres viennent, suivant lui, de filaments vivants et susceptibles d'irritation. La sensibilité n'est qu'une extension de l'irritabilité, et la sensibilité engendre la perception, la mémoire et la raison. Quelques-uns de ses successeurs contemporains complètent son système par la théorie des générations spontanées, renouvelée d'Aristote, ou bien par celle de la progression virtuelle dans l'échelle des animaux, et font de l'homme le congénère ou le succédané supérieur du singe.

» Ces propositions, ces théories, qui procèdent toutes, d'une manière plus ou moins directe, du matérialisme, sembleraient devoir n'appartenir qu'à un nombre très-limité de personnes, et se renfermer dans la spécialité des sciences naturelles; mais il en est tout autrement. Elles ont fait un chemin rapide dans la masse des esprits ardents ou superficiels. La Cour a pu en constater la trace dans des procès correctionnels récents. »

Si la Cour avait trouvé parmi nos contemporains la trace de semblables doctrines et des disciples du Darwin de 1731, elle aurait certes de bons yeux. Mais il faut espérer, dans l'intérêt de la justice, qu'elle était éclairée alors par une meilleure lanterne que celle de M. Ducreux.

L'éminent avocat général, éprouvant, on ne sait trop pourquoi, le besoin de parler de Darwin, s'est demandé ce que pouvait bien être ce monsieur, et il s'est renseigné dans un Dictionnaire biographique fort connu qui lui a fourni presque textuellement sa tirade. Malheureusement, le hasard voulut qu'il se trompât d'homme et prît le grand-père pour le petit-fils. De là cette esquisse fantaisiste au bas de laquelle le vrai Darwin sera fort étonné de trouver son nom, de même qu'il sera charmé d'apprendre son décès arrivé en 1802.

Sans doute les avocats généraux ne suivent pas tous l'exemple de leur prédécesseur au parlement de Dijon, Guyton de Morveau, qui trouva dans ses loisirs le temps de créer la nomenclature chimique. Mais enfin on ne rencontre pas tous les jours un magistrat qui ait le caractère assez antique pour ignorer à ce point les choses de son temps. Il n'est pas donné à tout le monde de fermer si bien ses oreilles au bruit que fait partout le livre récent de Darwin sur les *variations des espèces*, complément de son premier ouvrage sur l'*origine des espèces*, et fort peu de personnes ont réussi à ignorer jusqu'à ce jour le principe même de sa doctrine. Mais on ne saurait trop admirer l'assurance avec laquelle M. Ducreux taxe de matérialisme des doctrines scientifiques qu'il connaît si peu, et les traduit en police correctionnelle pour en faire la cause inspiratrice de je ne sais quels délits. Cela montre ce que valent bien des attaques dont les sciences sont quelquefois l'objet.

Nous ne pouvons tout noter dans ce passage : la biologie, cette science *pseudo-nouvelle*, cette *progression* VIRTUELLE *dans l'échelle des animaux* qui, si elle était quelque chose, serait précisément l'inverse de ce que croit M. l'avocat général, cet homme *succédané supérieur du singe*, etc. Où M. Ducreux a-t-il pris tout cela?... Hélas! il est pourtant si facile de ne point parler de ce qu'on ignore!

(1) Né en 1731, mort en 1802. (Note de M. Ducreux.)

Quant au style de M. Ducreux, nous n'avons pas à l'apprécier ici, et nous renvoyons nos lecteurs au mordant article que lui a consacré M. Francisque Sarcey dans le *Gaulois* du 12 novembre.

Avouons du reste que les méprises de ce genre ne sont pas sans précédents. Vers la fin de la monarchie de juillet, un procureur général désireux de rendre hommage aux gloires locales s'informa des grands hommes nés dans le pays. On lui cita Malherbe, le réformateur de la poésie française. Mais le procureur général, plus près des souvenirs du barreau que de ceux du collége, crut qu'il s'agissait de Malesherbes, le défenseur de Louis XVI, et il s'apitoya éloquemment sur la mort sanglante de cette noble victime. On voit d'ici l'ébahissement des auditeurs auxquels on changeait si complétement leur Malherbe. Peu de temps après, le procureur général allait cacher ses lauriers oratoires dans une cour du Midi.

Faculté de médecine de Paris; concours d'agrégation. — Le concours dont nous parlions dans notre dernier numéro a pu enfin s'ouvrir. M. Bouillaud s'est retiré du jury, mais les autres juges sont restés. C'est M. Béhier qui préside, et les séances ont lieu dans le grand amphithéâtre de la Faculté, à cinq heures du soir, après le cours de M. Denonvilliers.

L'éclipse de soleil du 18 aout 1868. — MM. Janssens, Stéphan et Rayet, envoyés en mission par l'Observatoire de Paris et le Bureau des longitudes pour l'observation de l'éclipse totale dans l'Inde, viennent d'être nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

Riese. — L'Université de Bonn vient de perdre le professeur de mathématiques Frédéric-Christian von Riese, enlevé à la science le 23 octobre dernier. Riese, né à Cœsfeld en Prusse le 6 décembre 1790, était un vétéran des guerres de l'Indépendance et appartenait depuis 1825 à l'Université de Bonn. Outre de nombreux articles scientifiques dans diverses revues, il publia : *Theoria approximationis duarum fonctionum* (1825) et *Projet d'un nouveau goniomètre* (1829).

Conservatoire des arts et métiers de Paris. — La chaire de teinture, apprêts et impression sur tissus, change de titre pour élargir son cadre et comprendre en outre la céramique et la verrerie, comme on le voit plus loin au *Bulletin des cours*. — M. V. de Luynes vient d'être nommé titulaire de cette chaire.

BULLETIN DES COURS.

Conservatoire des arts et métiers.

Géométrie appliquée aux arts (les mardis et les vendredis, à huit heures trois quarts du soir). — M. Laussedat, suppléant.

Objet des leçons : Théorie des principales courbes employées dans le tracé et la construction des machines. — Étude géométrique des organes qui servent à la transformation des mouvements. — Engrenages. — Cames. — Excentriques. — Articulations. — Échappements. — Encliquetages. — Compteurs. — Instruments enregistreurs.

Géométrie descriptive (les lundis et les vendredis, à sept heures et demie du soir). — M. de la Gournerie, professeur.

Objet des leçons : Explication détaillée des règles de la perspective linéaire et des tracés géométriques qu'elle exige. — Étude des effets de perspective. — Instruments de perspective. — Tableaux courbes. — Perspective des bas-reliefs. — Décorations théâtrales. — Perspectives rapides.

Mécanique appliquée aux arts (les lundis et les jeudis, à sept heures et demie du soir). — M. Tresca, professeur.

Objet des leçons : Principes généraux de la mécanique. — Définitions. — Action des forces. — Travail mécanique. — Principe de la conservation du travail. — Développement et emploi du travail mécanique. — Résistances passives. — But des machines. — Composition des machines. — Description et théorie des machines de l'industrie.

Constructions civiles (les mercredis et les samedis, à sept heures et demie du soir). — M. E. Trélat, professeur.

Objet des leçons : Étude et classement des matériaux suivant les facilités d'emploi et les ressources d'expression qu'ils offrent à l'art. — Théories des divers éléments de construction qui entrent dans les édifices. — Fondations. — Parois verticales et horizontales. — Combles. — Couvertures.

Physique appliquée aux arts (les dimanches à onze heures et demie, et les mercredis à huit heures trois quarts du soir). — M. Edmond Becquerel (de l'Institut), professeur.

Objet des leçons : Principes fondamentaux de la physique générale. — Applications diverses de la chaleur : formation des vapeurs ; emploi de leur force élastique ; sources de chaleur ; chauffage et ventilation. — Actions moléculaires. — Généralités sur l'acoustique. — Propriétés fondamentales de la lumière. — Sources de lumière. — Construction des instruments d'optique.

Chimie appliquée aux arts (les dimanches à une heure, et les jeudis à huit heures trois quarts du soir). — M. E. Peligot (de l'Institut), professeur.

Objet des leçons. Première partie du cours. Phénomènes généraux de combinaison et de décomposition. — Équivalents. — Nomenclature et notation chimique. — Histoire détaillée des corps simples non métalliques et de leurs principales combinaisons. — Air atmosphérique. — Eau. — Acides minéraux. — Ammoniaque. — Métaux usuels.

Chimie appliquée a l'industrie (les mardis et les vendredis à huit heures trois quarts du soir). — M. Payen (de l'Institut), professeur.

Objet des leçons : Composition des végétaux, cellulose, conservation des bois et des grains. — Fécule, dextrine, glucose, gluten, pâtes d'Italie. — Substances alimentaires. — Hygiène. — Sucreries. — Alcool, vin, bière, cidre. — Papier. — Savons. — Gélatine. — Hydrocarbures, huiles de pétrole, gaz d'éclairage et de chauffage.

Chimie agricole (les dimanches à onze heures du matin, et les vendredis à huit heures trois quarts du soir). — M. Boussingault (de l'Institut) ouvrira son cours le dimanche 22 novembre.

Objet des leçons : Démonstrations expérimentales des procédés d'essais et d'analyses applicables à l'étude des matières produites ou employées par l'agriculture. — Moyens de constater les falsifications.

Agriculture (les mardis et les jeudis, à sept heures et demie du soir). — M. Moll, professeur.

Objet des leçons : Exposé des règles spéciales de la zootechnie agricole. — Élève, tenue et emploi des bêtes bovines, des porcs, de la volaille et des chevaux.

Travaux agricoles et génie rural (les mercredis et samedis, à sept heures et demie du soir). — M. H. Mangon, professeur.

Objet des leçons : Hydrographie agricole. — Drainage; fabrication des tuyaux. — Curages. — Dessèchements; polders; colmatages. — Étangs; pisciculture. — Irrigations; limonages. — Législation des eaux; syndicats. — Reboisements; gazonnements; dunes. — Industries forestières.

Filature et tissage (les lundis et jeudis, à huit heures trois quarts du soir). — M. Alcan, professeur.

Objet des leçons : Opérations préparatoires du tissage à la main et du tissage automatique. — Étoffes unies, frisées et façonnées, à fils serrés. — Articles à jours et à mailles de tous genres. — Épuration et apprêts mécaniques. — Machines à coudre, à broder, à ornementer.

Chimie appliquée aux industries de la teinture, de la céramique et de la verrerie. — M. V. de Luynes, professeur.

Économie politique et législation industrielle (les mardis et les vendredis, à sept heures et demie du soir). — M. Wolowski (de l'Institut) ouvrira son cours le mardi 17 novembre.

Objet des leçons : La division du travail et la coopération. — L'échange. — La monnaie. — Loi de germinal an XI. — La monnaie fiduciaire. — Le change. — Entrepreneurs et ouvriers. — Grèves. — *Trads-unions.* — Association.

Économie industrielle et statistique (les mardis et les samedis, à huit heures trois quarts du soir). — M. J. Burat, professeur.

Objet des leçons : De la production. — Des agents qu'elle emploie : agents naturels, travail, capital. — Des principes et des lois économiques qui régissent l'industrie agricole, manufacturière et commerciale. — Des institutions qui facilitent la production : poids et mesures, lettre de change et moyens de crédit. — Voies de communication : routes, canaux, chemins de fer.

Le propriétaire-gérant : Germer Baillière.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE

DES

COURS SCIENTIFIQUES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE | NUMÉRO 51 | 21 NOVEMBRE 1868

L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE 1666 A 1699 (1).

Lorsqu'en 1666 Colbert, heureusement inspiré par Perrault, proposa à Louis XIV la création de l'Académie des sciences, il prétendait former une compagnie compétente, aussi bien sur les questions d'érudition, d'histoire, de littérature et de goût, que sur les problèmes de science pure. Un académicien devait, suivant lui, ne fermer les yeux à aucune lumière, et cultiver plus spécialement une des branches des connaissances humaines, sans donner pour cela l'exclusion à toutes les autres.

L'Académie des sciences réunit donc d'abord, pour bien peu de temps il est vrai, aux géomètres et aux physiciens, des érudits et des hommes de lettres. Pour ne pas cependant partager les esprits entre des pensées trop contraires, on assigna des jours différents à la réunion des différents groupes de la compagnie. Les géomètres et les physiciens s'assemblaient séparément le samedi, puis tous ensemble le mercredi; les historiens tenaient séance le lundi et le jeudi, et les littérateurs enfin étaient réunis le mardi et le vendredi. Toutes les sections cependant composaient un même corps qui, le premier jeudi de chaque mois, dans une réunion de tous ses membres, entendait et discutait, s'il y avait lieu, le compte rendu des travaux particuliers. L'organisation, on le voit, était à peu près celle de notre Institut. L'Académie française et l'Académie des inscriptions, représentées dans la compagnie nouvelle par une partie seulement de leurs membres, s'émurent d'une séparation qui, en donnant aux uns une double part de priviléges et de largesses, ne pouvait manquer d'amoindrir les autres. Colbert obtint, à leur prière, que le roi réduisît les occupations de l'Académie des sciences aux études et aux recherches scientifiques. Devenue ainsi la sœur et non la rivale de ses deux aînées, l'Académie des sciences resta composée de seize membres, presque tous choisis par Colbert avec un rare discernement. Dans la section des mathématiques se trouvaient en effet :

Christian Huyghens, un des plus grands hommes de son temps, rare et admirable génie qui, pendant plus de quinze ans, brilla dans l'Académie et fut le plus illustre de ses membres.

Roberval, que Pascal estimait assez pour écrire : « Si le père jésuite connaît M. Roberval, il n'est pas nécessaire que j'accompagne son nom des éloges qui lui sont dus, et s'il ne le connaît pas, il doit s'abstenir de parler de ces matières, puisque c'est une preuve indubitable qu'il n'a aucune entrée aux hautes connaissances ni de la physique, ni de la géométrie. »

Picard et Auzout, célèbres tous deux à des degrés et à des titres inégaux, dans l'histoire de l'astronomie. Frenicle, dont Descartes et Fermat ont loué la pénétration, et qui, presque exclusivement appliqué à la théorie des nombres, avait lutté sans désavantage contre ces deux grands hommes, lorsqu'ils n'avaient pas dédaigné de le suivre, quelquefois même de le provoquer sur son terrain.

Buot, qui, d'abord simple ouvrier armurier, s'était instruit seul, et qu'on s'étonnait de voir si savant sans entendre un mot de latin.

Carcavy enfin, ami de Pascal, et qui, sans avoir produit d'invention originale, était alors un savant instruit et considérable.

Les physiciens qui complétaient l'Académie sont restés moins célèbres. Outre Pecquet, dont le nom est attaché à une découverte importante, l'Académie comptait :

Delachambre, médecin ordinaire du roi et auteur d'un ouvrage intitulé : *Nouvelles conjectures sur la cause de la lumière, sur les débordements du Nil et sur l'amour d'inclination.* Cet ouvrage a reçu de grandes louanges; les mérites, il faut le croire, en étaient aussi variés que le sujet, car il ouvrit à son auteur les portes de l'Académie française comme celles de l'Académie des sciences.

Claude Perrault, le futur architecte du Louvre, médecin en même temps, comme Boileau ne l'a laissé ignorer à personne, et de plus naturaliste habile.

Quoique Duclos, Bourdelin, Gayant et Marchand, qui complétaient la section, n'aient pas laissé de grands noms dans la science, leur mérite passait alors pour fort au-dessus du commun.

Duhamel, homme très-docte et d'un esprit ferme et droit, fut nommé secrétaire. Il joignait à une grande érudition philosophique la politesse et l'élégance de style, en même temps qu'une excellente latinité dont la réputation décida, dit-on, le choix de Colbert.

Cinq jeunes gens enfin, Couplet, Richer, Niquet, Pivert et Delannoy, furent adjoints aux académiciens pour les aider dans leurs travaux.

Le roi assurait par des pensions l'existence des membres de la compagnie nouvelle, en mettant de plus à leur disposition les fonds nécessaires pour exécuter les expériences et construire les machines jugées utiles.

L'Académie se réunissait deux fois par semaine, le mercredi et le samedi. Quoique tous les membres fussent convoqués, la

(1) Cet article est extrait d'un ouvrage de M. J. Bertrand sur l'*Académie des sciences et les académiciens de 1666 à 1793*, qui va paraître prochainement.

séance du mercredi était spécialement consacrée aux travaux mathématiques, et celle du samedi aux expériences de physique, comprenant, d'après le langage du temps, les manipulations de chimie et les travaux d'histoire naturelle. Les réunions ressemblaient fort peu à celles d'aujourd'hui. L'Académie, inconnue au public et peu soucieuse de se répandre au dehors, ne recevait des savants étrangers que de rares et insignifiantes communications ; une ou deux fois par an, tout au plus, un inventeur, patronné par quelque grand personnage, était admis à lui soumettre un moyen de dessaler l'eau de mer, une solution nouvelle du problème des longitudes, ou quelque combinaison chimérique pour produire de la force sans en consommer... Mais les seize académiciens, accoutumés à ne compter que sur eux-mêmes, remplissaient le plus souvent les séances par leurs propres travaux. Les expériences, choisies et discutées à l'avance, devaient être exécutées en commun, dans le laboratoire annexé à la Bibliothèque royale, où se tenaient alors les assemblées.

Duclos, dans le programme des travaux de chimie, étale tout d'abord la confiance d'un ignorant qui ne doute de rien. La chimie, il ne faut pas l'oublier, est de création toute récente, et les transformations des corps n'avaient jamais été rattachées, avant Stahl qui vint quarante ans plus tard, à une théorie réellement scientifique. Duclos cependant n'y aperçoit pas de secrets ; il déclare le nombre des éléments, en assigne la nature et le rôle, et, sans marquer aucun embarras, émet et propose comme indubitables les principes les plus absolus et les plus faux. Le soufre, le mercure et le sel ne sont pas, suivant lui, des corps simples, et par la résolution des mixtes naturels, il ne reste jamais que de l'eau. C'est elle qui, altérée par un efficient impalpable et spirituel, produit le mercure, le soufre et le sel. Les esprits parfaits et qui ont quelque participation de la vie contiennent un troisième principe, nommé *archée*, en sorte qu'il existe en tout trois principes : le corps matériel, qui est l'eau, l'esprit altératif et l'âme vivifiante ou archée. Les chimistes, on le voit, avaient beaucoup à désapprendre.

Le plan d'études tracé par Perrault pour l'anatomie et la botanique fait paraître au contraire beaucoup de savoir et de sens. Les recherches anatomiques doivent comprendre, suivant lui, en même temps que la description des organes, la recherche de leur usage et le mécanisme de leur action. Quelques organes bien connus remplissent des fonctions encore très-cachées, et des effets véritables et manifestes, tels, par exemple, que la génération du lait, dépendent de quelque organe qu'on n'a pas pu découvrir. Un anatomiste doit donc employer à la fois les yeux et la raison, en conservant toutefois quelque avantage aux yeux sur la raison même.

Perrault distingue également de l'histoire et de la description des plantes l'étude plus philosophique de leur naissance et de leur accroissement. Beaucoup d'auteurs anciens ont écrit sur ce sujet; leurs assertions sont douteuses, il serait utile de les vérifier. Est-il vrai, par exemple, qu'une plante puisse se reproduire par les sels tirés de sa cendre? La nature qui nourrit la plante peut-elle la produire par sa propre fécondité sans avoir reçu de semence? Existe-t-il dans la plante, comme dans les animaux, une partie principale qui donne l'âme et le mouvement à toutes les autres, et cette partie n'est-elle pas la racine? Que faut-il penser enfin de ce qu'on a nommé les sympathies et les antipathies des plantes? Si le sapin est considéré comme l'ami des autres arbres, cela ne tient-il pas seulement à ce que sa racine, droite et plongeante, ne gêne en rien les plantes placées dans son voisinage? Si l'olivier passe pour un arbre peu sociable, n'est-ce pas pour une raison contraire?

Chaque académicien était invité à proposer son programme, et il en résulta une grande variété de projets. Un membre de la compagnie, dont le procès-verbal ne donne pas le nom, et qui, pour cette raison, est peut-être Duhamel qui l'a rédigé, propose de « choisir un étang pour faire tourner l'eau en son milieu, laquelle communiquera le mouvement au reste de l'eau par différents degrés de vitesse, pour y examiner le mouvement des divers corps flottants en divers endroits et inégalement éloignés du milieu, pour faire quelque comparaison des planètes dans le monde. »

Auzout, mieux inspiré, demandait que quelques-uns de la compagnie eussent commission de voir les ouvriers, leurs outils et leurs instruments, la manière de les employer, savoir ce qui leur manque et apprendre leurs secrets et leurs sophisteries. Couplet fut chargé de suivre cette idée, qui devait produire la belle collection des arts et métiers publiée un siècle plus tard par l'Académie.

Huyghens aussi remit son projet, et M. Boutron en possède l'autographe original avec des notes approbatives écrites sans doute de la main de Colbert.

Bon. Faire les expériences du vuide par la machine et autrement, et déterminer la pesanteur de l'air.

Bon. Examiner la force de la poudre à canon en l'enfermant en petite quantité dans une boîte de fer ou de cuivre fort espaisse.

Bon. Examiner de même façon la force de l'eau raréfiée par le feu.

Bon. Examiner la force et la vitesse du vent et l'usage qu'on en tire à la navigation et aux machines.

Bon. Examiner la force de la percussion ou la communication du mouvement dans la rencontre des corps, dont je crois avoir donné le premier les véritables règles.

Pour l'Assemblée de Physique.

La principale occupation de cette Assemblée et la plus utile doibt estre, à mon avis, de travailler à l'histoire naturelle à peu près suivant le dessein de Verulamius. Cette histoire consiste en expériences et en remarques et est l'unique moyen pour parvenir à la connoissance des causes de tout ce qu'on voit dans la nature. Comme pour sçavoir ce que c'est que la pesanteur, le chaud, le froid, l'attraction de l'aimant, la lumière, les couleurs, de quelles
Bon. parties est composé l'air, l'eau, le feu et tous les autres corps, à quoy sert la respiration des animaux, de quelle façon croissent les metaux, les pierres et les herbes, de toutes lesquelles choses on ne sçait encore rien ou très peu, n'y ayant pourtant rien au monde dont la connoissance seroit tant à souhaiter et plus utile.

L'on devroit, suivant les diverses matières dont je viens de nommer quelques-unes, distinguer les chapitres de cette histoire et y amasser toutes les remarques et expériences qui regardent chacune en particulier, et de ne se pas tant mettre en peine d'y rapporter des expériences rares et difficiles à faire, que celles qui paroissent essentielles pour la découverte de ce que l'on cherche, quand bien même elles seroient fort communes.

L'utilité d'une telle histoire faite avec fidélité s'estend à tout le genre humain et dans tous les siècles à venir, parce qu'outre le profit qu'on peut tirer des expériences particulières pour divers usages, l'assemblage de toutes est toujours un fondement assuré pour bastir une philosophie naturelle, dans laquelle il faut nécessairement procéder de la connaissance des effets à celle des causes.

La chimie et la dissection des animaux sont assurément nécessaires à ce dessein, mais il faudroit que les opérations de l'une ou de l'autre tendissent toujours à augmenter cette histoire de quelque article important et qui regardast la découverte de quelque chose qu'on se propose, sans perdre de temps à plusieurs mesmes remarques de quelques circonstances dont la connoissance ne peut avoir de la suite ; pour ne pas encourir le reproche que faisoit Seneque aux philosophes anciens : *Invenissent forsitan necessaria nisi et superflua quæsissent.*

Il faudroit commencer par les matières que l'on jugera les plus belles et utiles, dont on pourra distribuer plusieurs à la fois à autant de personnes de ceux qui composent l'assemblée qui toutes les semaines y feront le rapport de ce qu'ils auront recueilli, et ce sera ainsi une occupation réglée, dont le fruit sera indubitablement très-grand. HUYGHENS.

Cette note date de 1666, époque à laquelle Colbert proposa à Louis XIV la fondation de l'Académie des sciences. C'est cette même année que Huyghens, appelé par le grand ministre et doté d'une pension considérable, vint se fixer à Paris.

Picard commença immédiatement avec Auzout et Huyghens une série d'observations astronomiques, et, en proposant de construire pour les planètes des tables plus complètes que celles de Kepler, il disait ses motifs d'espérer ses succès.

« On a, dit-il, quantité de nouvelles observations qui ont été faites très-exactement en divers lieux, lesquelles, jointes et comparées à celles des années précédentes, donnent une connaissance de l'astronomie bien plus particulière que celle qu'on a eue par le passé. La géométrie n'avait pas encore été poussée au point où elle est présentement ; on a pour observer des instruments beaucoup meilleurs que ceux dont se sont servis les anciens. A peine avait-on, du temps de Kepler, de grandes lunettes de six ou sept pieds. On en fait aujourd'hui de soixante pieds. La méthode dont lui et ceux qui l'ont précédé se sont servis pour mesurer le temps est fort incertaine, et très-éloignée de la précision que nous donnent les horloges à pendule, qui marquent les minutes et même les secondes avec beaucoup plus d'exactitude que les horloges communes ne marquaient les heures et les demi-heures, et elles sont d'une si grande utilité que l'on peut, par leur moyen, non-seulement rectifier les heures des étoiles fixes sans aucun instrument, mais encore faire plusieurs observations qui sans cela seraient impossibles. Que si, à tous ces avantages, on ajoute les secours qu'il plaît à Sa Majesté de promettre à cette science si nécessaire dans l'usage de la vie, et par laquelle on puisse espérer de bons et grands instruments avec un lieu propre et tel qu'on le souhaite pour observer, on aura tout lieu de se promettre de bons résultats. »

Le ciel sembla favoriser la compagnie naissante : deux éclipses, aussi rapprochées qu'elles puissent l'être, se succédèrent à quinze jours d'intervalle. La première surtout présenta un spectacle curieux et une instruction importante. Quand la lune s'éclipsa à l'horizon, le soleil lui-même n'était pas encore caché. Ce singulier phénomène avait été observé déjà par Pline et par Moestlin, le maître de Kepler. Les académiciens qui ne l'ignoraient pas, y prirent cependant un grand intérêt; en voyant en effet la lune s'obscurcir lorsque rien en apparence n'intercepte pour elle les rayons du soleil, on demeure assuré, sans recourir à aucune autre preuve, que les astres relevés par la réfraction ne sont pas où ils semblent être. L'Académie, plaçant au nombre de ses travaux astronomiques l'étude immédiate de la réfraction, résolut d'approfondir une théorie aussi indispensable à l'exactitude de toutes les autres. Huyghens proposa plusieurs méthodes qui furent suivies et perfectionnées, et l'Académie contribua à faire disparaître une erreur grave presque universellement admise jusqu'alors. La réfraction, qui diminue avec l'élévation de l'astre observé, ne devient nulle qu'au zénith ; les observateurs, qui l'avaient négligée pour les hauteurs plus grandes que 45 degrés, s'étaient trompés par là de plus d'une minute sur la latitude de Paris, base nécessaire de tous les travaux de l'Observatoire.

Les mathématiciens eux-mêmes entreprirent une œuvre collective. Un traité de mécanique, composé par eux, devait être une des premières productions de l'Académie. Chaque géomètre, à tour de rôle, composait un chapitre, et, comme on disait alors, *était député pour penser à une question.* Plusieurs séances étaient consacrées ensuite à lire son travail et à le discuter. Descartes, que le plus grand nombre des académiciens reconnaissaient pour leur maître, avait dit cependant : « On voit souvent qu'il n'y a pas autant de perfection dans les ouvrages composés de plusieurs pièces et faits de la main de plusieurs maîtres qu'en ceux auxquels un seul a travaillé. » Le nouveau traité ne démentit pas ce jugement, et si le temps qu'on y a consacré lui donne une place dans l'histoire de l'Académie, il n'en occupe aucune dans celle des progrès de la science.

L'Académie, qui devait composer en même temps et qui composa en effet un traité sur l'histoire des animaux, en amassait confusément les matériaux, en suivant, sans ordre régulier et sans dessein prémédité, le seul hasard des occasions : un renard, un blaireau, une fouine, une civette, un putois, une belette, plusieurs salamandres, un caméléon, une gazelle, un sapajou, un ours, un hérisson, une cigogne, une tigresse, un dromadaire, une chouette, un esturgeon et une oie vivante dont on examina les organes respiratoires, se succédèrent dans les séances du samedi sur la table de dissection. Mais la plus éclatante et la plus mémorable de toutes les dissections fut celle d'un éléphant de la ménagerie de Versailles. Le roi y assista ; l'opération eut lieu à Versailles. Elle était commencée depuis quelque temps, lorsque le roi, sans s'être fait annoncer, entra tout à coup dans la salle et demanda où était l'anatomiste qu'il ne voyait point. Duverney, le scalpel à la main, s'éleva alors des flancs de l'animal où il était englouti, et fit devant lui l'histoire des principaux organes, en y mêlant sans doute quelque ingénieuse flatterie. L'œil, apporté à Paris, fut étudié avec grand soin ; la trompe occupa deux séances ; la chair, le cerveau, l'ivoire et la liqueur du péricarde furent analysés par les chimistes, c'est-à-dire successivement soumis à une distillation qui détruit les principes sans en révéler la nature.

Le corps d'une femme suppliciée fut livré un jour à l'Académie ; le procès-verbal des opérations est rédigé cette fois avec des développements inusités. On rapporte l'épreuve proposée par chacun et presque toujours exécutée. Les académiciens, attentifs à profiter d'une occasion très-rare alors, tiennent séance extraordinaire plusieurs jours de suite, et quand on cessa les travaux, il était impossible de les continuer.

Colbert, dans son zèle pour la compagnie qu'il avait fondée, avait autorisé les académiciens à examiner, pour leur instruction, les malades désespérés de l'Hôtel-Dieu. Maître alors de l'administration, il disposait de tout dans l'État. Cette fois, cependant, il ne fut pas obéi. Les religieuses, avec une invincible fermeté, refusèrent l'entrée de l'hôpital, et la commission académique revint, comme dit son rapporteur Pecquet, *sans avoir rien fait.*

L'Académie, qui publia sur l'histoire des animaux deux volumes de grand intérêt et riches d'observations originales, ne produisit sur la botanique qu'un long et inutile travail. Guidée par une fausse imagination, elle demandait à la distillation des plantes tout le secret de leurs principes divers, et pendant plusieurs années elle employa la plus grande partie de son temps à distiller avec une persévérance obstinée toutes les espèces connues, sans remarquer l'inconvénient

grave d'une telle pratique et la stérilité de la méthode. Les principes immédiats réellement caractéristiques sont décomposés en effet dans l'opération, et les végétaux les plus dissemblables, tels que la ciguë, le pavot ou le blé, donnent exactement le même produit. Les différences restent donc cachées, et tout aboutit à confondre les problèmes sans les éclaircir.

Les exemples d'analyse par distillation sont nombreux dans l'histoire de l'Académie. Un jour, la compagnie étant assemblée, on procède à la distillation d'un melon tout entier dont on avait ôté seulement les graines et dont le poids était de cinq livres. La liqueur distillée fut fractionnée en neuf parties qui se trouvèrent toutes, à l'exception de la première, médiocrement acides. La neuvième et dernière avait beaucoup de sel volatil, et il resta quatre grains de sel lixiviel.

Un autre exemple confirmera la trompeuse facilité de ce que l'on nommait analyse chimique à la fin du XVIIe siècle. « La compagnie étant assemblée le 14 juillet 1667, M. Bourdelin a fait voir l'analyse de quarante crapauds tout vivants. Il y en avait qui étaient gardés depuis dix-huit jours dans un panier, et ceux-là sentaient fort mal ; ils pesaient deux livres onze onces et plus. On en a tiré trente-cinq onces trois gros de liqueur ; les cinq premières onces ont été tirées au bain vaporeux : la première claire et limpide, d'une saveur piquante, a blanchi l'eau de sublimé ; la seconde a rendu laiteuse l'eau de sublimé ; la troisième a légèrement précipité l'eau de sublimé et troublé l'eau de vitriol ; la quatrième a plus précipité l'eau de sublimé ; la cinquième a fait ces effets encore plus fortement. Il en reste dix onces fort sèches. » Tels sont les résultats visiblement informes et sans portée dont l'Académie, pendant près de trente ans, chargea patiemment ses registres.

Les macérations quelquefois venaient en aide à la distillation. « Je suis d'avis, disait Dodart à l'Académie, un jour où elle tenait conseil pour déterminer et arranger l'ordre de ses travaux, je suis d'avis que l'on continue cette année à macérer des plantes. Nous ne sommes pas assurés que cette préparation confonde ou altère les principes, il est probable qu'elle les démêle ; et supposé qu'elle les altère, il est bon de savoir quelle altération elle cause, et comme il n'y a guère d'apparence que les analyses nous fassent voir dans les produits ce qu'ils sont et ce qu'ils peuvent faire, il faut au moins qu'elles nous fassent voir ce qu'on peut y faire par quelque voie que ce soit ; or, la macération est une de ces voies et des principales. »

Au lieu de promener son attention sur des communications trop nombreuses et trop rapides pour la captiver, l'Académie avait pour coutume de consacrer une séance tout entière à l'étude d'une question qui restait à l'ordre du jour pendant plusieurs semaines, quelquefois même pendant plusieurs mois de suite ; elle s'arrêtait sur chaque difficulté, discutait tous les points de vue, jugeait les opinions opposées, et dans les cas demeurés douteux faisait immédiatement appel à l'expérience. De telles conférences, souvent pleines d'intérêt et de vie, si elles n'accroissaient pas toujours la science, exerçaient au moins les plus habiles et servaient à l'instruction de tous.

Une des questions les plus longuement étudiées fut celle de la coagulation, qui, pendant l'année 1669, occupa vingt semaines de suite toutes les séances du samedi. Des animaux vivants, un agneau et un cheval entre autres, furent amenés au laboratoire et livrés au scalpel. L'illustre Huyghens, dont l'esprit vif et étendu embrassait toutes les questions, proposa à cette occasion sur la nature des liquides une opinion longuement motivée et remarquable à beaucoup d'égards.

La liquidité, suivant lui, ne consiste pas seulement dans le détachement des parties du corps, mais encore dans un mouvement continuel de ces parties. « Plusieurs raisons, dit-il, le rendent vraisemblable, et premièrement cette propriété des liqueurs de se faire une surface plane et horizontale, c'est-à-dire de faire descendre toute sa masse, est une chose qu'on ne conçoit pas qui se puisse faire par la seule petitesse et noncohérence des parties, parce qu'on voit qu'un tas de blé ou de grains de moutarde ou de sable ne s'aplatit pas, mais demeure en forme de pyramide ; mais quand on secoue longtemps, quoique par petits coups, le vaisseau qui les contient, ce qui cause du mouvement dans tous les grains, on voit qu'ils se mettent de niveau ainsi qu'un liquide. »

Huyghens, dans un autre passage, à propos de la coagulation du lait, parle de la chaleur qui n'est qu'*une agitation plus violente des mêmes parties du lait*. Cette idée, aujourd'hui presque triomphante, qui fait de la chaleur un mouvement des molécules, a été proposée plusieurs fois devant l'Académie des sciences. On lit au procès-verbal du 23 juin 1677 : « Il y a beaucoup d'apparence que la chaleur vient du mouvement, la forte d'un mouvement très-vif, et la faible d'un mouvement assez lent... En un mot, je ne sais quel mouvement c'est que la chaleur, mais je suppose que c'est un mouvement. » Les physiciens aujourd'hui n'en peuvent pas dire davantage. Mariotte et Perrault, invités à parler sur la coagulation, y employèrent chacun une séance entière sans rien dire qu'on doive rapporter.

Pendant que les séances du samedi étaient consacrées à l'étude de la coagulation, la discussion d'une machine proposée et construite par Huyghens pour mesurer la force de l'air et des liquides en mouvement, occupait celles du mercredi. La question pour des cartésiens était liée très-intimement à la cause et au mécanisme de la pesanteur. Huyghens proposa les conjectures qui devaient peu de temps après lui inspirer le petit écrit : *De causa gravitatis*. Elles soulevèrent des contradictions, et la compagnie fut fort partagée. Roberval trouvait la question trop difficile et trop haute. On ne doit pas, disait-il sagement, prononcer sur de tels mystères ; le fond en est entièrement impénétrable, et il faudrait, pour les éclaircir, quelque sens particulier et spécial dont nous manquons. Sans s'embarrasser dans la recherche des causes, il était d'avis qu'on s'en tînt au fait. L'Académie cependant voulut rassembler ses conseils et ses forces pour juger une question qui surpasse sans doute l'intelligence humaine et qu'aucune décision ne saurait trancher. Une première commission, dont le rapporteur fut Mariotte, proposa des objections auxquelles Huyghens répondit aussitôt ; l'Académie alors chargea Picard de prononcer définitivement. Le prudent astronome, ennemi des discussions et des incertitudes, déclina une telle responsabilité, mais Duhamel et Perrault déclarèrent longuement leurs pensées. Huyghens maintint les siennes, et la discussion, qui n'eut rien que de faible, se prolongea pendant plusieurs semaines sans autre effet, comme on aurait pu le prévoir, que d'affermir chacun dans son opinion.

Les travaux astronomiques étaient en même temps activement poursuivis. La construction de l'Observatoire, décidée en 1664, fut commencée en 1667. Le 21 juin, une commission d'académiciens détermina l'orientation de la façade. Rien n'est

plus mal entendu que cet édifice. Perrault, malgré tout son talent, s'y montra plus curieux de l'harmonie et de la régularité des formes que des besoins véritables de la science. Des dispositions réclamées par les astronomes et dont Colbert lui-même avait reconnu l'utilité furent obstinément repoussées par lui comme incompatibles avec la beauté de l'ensemble. L'art d'observer éprouvait d'ailleurs à ce moment une véritable révolution, et les astronomes les plus habiles n'étaient d'accord eux-mêmes ni sur la nature ni sur le choix des instruments à y installer.

Picard et Auzout auraient voulu tout disposer pour l'astronomie de précision, prendre jour par jour des mesures régulières et exactes, et au catalogue minutieux des étoiles joindre les tables des mouvements planétaires et des positions de la lune; mais leur influence devait céder au crédit de Dominique Cassini. C'était Picard lui-même qui, sur l'estime qu'il avait conçue de ses talents, avait récemment attiré les bienfaits de Colbert sur ce redoutable rival. Homme d'esprit et homme de qualité, facile et agréable d'humeur, habitué à la représentation et à l'éclat extérieur, Cassini obtint aisément la faveur du roi; habile à la ménager, il excellait à charmer son imagination, à exciter sa curiosité et à la satisfaire, quel qu'en fût l'objet, avec une merveilleuse assurance.

Un jour, une comète parut dans le ciel. Le roi désira savoir vers quelle région elle se dirigeait. Cassini, qui ne l'avait observée qu'une fois, le lui dit immédiatement. La comète suivit une autre route; mais le roi ne s'en informa pas et se souvint seulement que, pour un homme aussi habile que M. Cassini, les astres n'avaient pas de secrets. En découvrant deux nouveaux satellites de Saturne, Cassini put se glorifier d'avoir porté le nombre total des astres errants au beau chiffre de 14, qui avait l'honneur d'être uni au nom illustre de Louis. La flatterie eut un plein succès, et une médaille, frappée par ordre du roi, en consacra le souvenir.

Picard et Auzout, aussi simples que modestes, empressés d'ailleurs à proclamer le mérite et la science de Cassini, devaient paraître près de lui de bien petits compagnons. Cassini fut donc presque seul consulté par l'architecte de l'Observatoire. Il n'approuva pas tout, et ses mémoires posthumes donnent un libre cours aux critiques; mais il accorda publiquement de grandes louanges à Perrault, et les réclamations ne purent être bien énergiques contre un monument dont « le dessein, la grandeur et la solidité lui paraissaient admirables ». La solidité, résultat de l'épaisseur des murs, était un grand inconvénient; elle empêcha l'installation des deux instruments les plus utiles aux observateurs modernes : la lunette méridienne inventée par Roemer et le cercle mural dû à Picard. Tous deux en effet exigent, dans la maçonnerie, une ouverture continue allant de l'horizon au zénith. Cet inconvénient est tel que cent ans plus tard un des descendants de Cassini proposait, pour y remédier, de raser l'édifice au niveau du premier étage. Cassini, qui fut le premier directeur de l'Observatoire, cherchait surtout dans la science des résultats isolés et brillants, et semblait peu se soucier de préparer par d'obscurs travaux les découvertes de ses successeurs. L'imperfection des instruments de précision devait donc le gêner moins qu'un autre. Mais Picard en souffrit beaucoup, et quoiqu'en restant toujours avec Cassini dans les meilleures relations, il n'obtint que lentement les secours nécessaires pour réaliser ses projets, toujours cependant utilement et largement conçus.

Les astronomes de l'Académie, en attendant l'achèvement de l'œuvre de Perrault, ne demeuraient pas inactifs. Louis XIV les avait chargés de mesurer la grandeur de la terre. Picard et Auzout, en exécutant ce travail, introduisirent dans leurs observations un des perfectionnements les plus importants qu'ait reçus depuis deux siècles l'astronomie de précision. Ils appliquèrent pour la première fois les lunettes à la mesure des angles. Cette idée, proposée par Huyghens dans son écrit sur le système de Saturne et perfectionnée par Picard et par Auzout, devait assurer aux observations une exactitude presque illimitée.

Les lunettes avaient révélé dans le ciel, à Galilée, à Kepler et à leurs successeurs, d'importants détails invisibles à l'œil nu, mais cette représentation sans réalité, formée par les rayons lumineux après tant de déviations inégales et mal connues, ne semblait pas pouvoir indiquer même approximativement leur direction primitive. La lunette en effet montre à la fois une infinité de points différents; vers lesquels est-elle précisément dirigée?

Lorsqu'on observe avec une lunette un objet fort éloigné, une étoile, par exemple, la lunette montre son image formée au foyer du verre antérieur, nommé *objectif*, et la position de cette image regardée à travers une loupe, nommée *oculaire*, varie avec celle de l'œil de l'observateur. Picard, pour préciser la direction, place dans la lunette, à la distance même où peut se former l'image, deux fils très-fins qui se croisent perpendiculairement; l'observateur, par le déplacement de l'instrument, doit amener le point de croisement à recevoir l'image de l'objet qu'il étudie. Mais il faut deux points pour déterminer une direction, et les deux fils, par leur croisement, n'en donnent qu'un seul. Telle fut l'objection qui, en obscurcissant l'invention de Picard, empêcha toujours le célèbre Hévélius de l'appliquer à ses instruments.

Picard, exact au fond, mais confus dans ses explications, apportait cependant une preuve décisive, je veux dire l'épreuve même. L'ancienne méthode donnait des résultats d'autant plus rapprochés des siens qu'on l'appliquait avec plus d'habileté et de soin. L'ingénieux académicien avait en effet complétement raison. Lorsque les fils, convenablement disposés, cachent l'image d'un point éloigné, la ligne dirigée vers l'objet est déterminée et toujours la même dans l'intérieur de la lunette dont elle est l'axe véritable; les points situés sur son prolongement ne sont pas seuls aperçus par l'observateur, mais ils sont seuls visés par l'instrument. Tous les observateurs aujourd'hui profitent de cette invention, et grâce à elle les plus médiocres surpassent Tycho en précision, autant et plus peut-être que Tycho surpassait ses prédécesseurs.

La position de plusieurs villes du royaume, déterminée astronomiquement par Picard, devait servir à la mesure du méridien. Quelques résultats très-inattendus suggérèrent à l'Académie le dessein plus vaste de les rattacher à un ensemble en construisant une nouvelle carte de France. Cette résolution, approuvée par Colbert, fut suivie d'un prompt effet. Picard et Lahire commencèrent les travaux sans retard; mais ralentis et interrompus souvent par la nécessité des affaires, ils n'étaient pas fort avancés à la mort de Picard. Cassini eut l'honneur de continuer ce grand ouvrage dont la célèbre carte qui porte son nom, et qui fut terminée par son arrière-petit-fils, devait être le dernier résultat.

Lorsqu'une étude entreprise se trouvait terminée ou abandonnée, l'Académie, toujours empressée à passer d'un travail

à un autre, avisait aussitôt un but nouveau à atteindre, et par des discussions parfois très-prolongées s'efforçait de tracer sa route et d'y régler sa marche à l'avance. C'est ainsi que, le 8 novembre 1669, quinze sujets d'expérience et d'étude furent successivement proposés. Presque tous sont insignifiants, et je citerai seulement les suivants :

Faire l'analyse du café et du thé pour savoir pourquoi ils empêchent de dormir.

Faire l'analyse de l'urine pour savoir ce qui fait sa vertu pour les goutteux et contre les vapeurs.

Chercher des purgatifs agréables au goût.

Un autre jour, l'Académie n'ayant rien de mieux à faire, on proposa d'enlever la rate à des chiens, et l'on trouva pour tout résultat qu'ils étaient plus gais et urinaient davantage.

L'Académie, toujours exacte à faire une expérience au moins dans chaque réunion du samedi, prenait souvent des chiens pour victimes. Plus d'un, piqué par une vipère, servit d'épreuve à la vertu des antidotes réputés efficaces. Ils ne mouraient pas tous, mais l'inégale gravité des morsures et la force plus ou moins grande de l'animal expliquaient suffisamment la différence des résultats. L'Académie, qui revint plus d'une fois sur ces expériences, semblait se plaire à varier le choix des victimes. Un chat fut mordu au ventre; il vivait à la fin de la séance, mais il mourut deux jours après. Une grenouille mordue par une vipère mourut la nuit suivante. Deux vipères mordues par deux autres vipères vivaient encore à la fin de la séance et le procès-verbal ajoute en post-scriptum : « Elles se portent aujourd'hui fort bien. » Un petit serpent fut également mordu; il mourut le lendemain. Trois pigeons enfin ayant été mordus par trois vipères, les deux premiers moururent, le troisième survécut et assista à la séance suivante, où l'on put constater qu'il s'était formé une croûte sur la plaie.

La question, on le voit, ne faisait pas de grands progrès. Elle fut reprise en 1737, à l'occasion d'un remède proposé par un charlatan et qui fit grand bruit. L'Académie sacrifia encore neuf pigeons, vingt-deux poulets, deux coqs, une oie, deux chats et huit chiens, sans donner de conclusion certaine.

Dans une des séances où, périodiquement en quelque sorte, l'Académie, ayant épuisé son programme, avait à se demander : Qu'allons-nous entreprendre? Picard, après avoir tracé le tableau judicieux des desiderata de l'astronomie, proposa qu'en attendant l'achèvement de l'Observatoire, une commission fût envoyée à Uranibourg pour en déterminer exactement la position et rendre possible la comparaison des tables rudolphines de Tycho-Brahé avec les résultats qu'on obtiendrait à Paris. La résolution fut approuvée immédiatement par Colbert, et Picard lui-même partit pour le Danemark. Il devait avant tout déterminer la hauteur du pôle à Uranibourg. En rendant compte des minutieuses précautions dont il s'est entouré, Picard fit connaître, pour la première fois, les singuliers déplacements que quinze ans d'observations lui avaient révélés dans la position de l'étoile polaire, et qui l'ont fait toucher de bien près à l'une des grandes découvertes de l'astronomie moderne. Ces inégalités, qui lui semblaient inexplicables, n'ont plus aujourd'hui rien de mystérieux. Bradley, en révélant leur cause, a expliqué leur loi. Elles dépendent, en partie au moins, comme il l'a montré avec évidence, de la vitesse de la terre, qui, comparable à celle de la lumière, altère inégalement, aux diverses époques de l'année, la direction apparente suivant laquelle nous parviennent les rayons issus d'une même étoile. Si Picard, qui ne l'a pas même soupçonné, n'a aucun droit à cette grande découverte, on en doit peut-être admirer davantage la perfection jusque-là inouïe des observations qui, en dehors de toute idée préconçue, lui ont révélé d'aussi minutieux détails.

La méridienne d'Uranibourg fut l'occasion d'un grand étonnement. La direction assignée par Tycho présentait dix-huit minutes d'erreur. Devait-on accuser l'habileté ou le soin du grand astronome, ou voir, dans le déplacement de la méridienne, une preuve de la variation du pôle? Un trop grand nombre d'observations s'accordent à prouver le contraire, et il fallut bien admettre, chez l'exact et consciencieux Tycho, une erreur rendue inexplicable par son évidence même.

« Nous osons promettre à la postérité, ajoute Picard avec une légitime confiance, que si, dans la suite des temps, on trouve qu'il faille changer de plus d'une minute ce que nous avons établi sur ce sujet, ce sera pour lors que l'on pourra s'assurer de l'instabilité de la ligne méridienne. »

Le voyage d'Uranibourg donna à l'Académie une force et une gloire nouvelles. Le jeune Roemer, ramené en France par Picard et introduit dans l'Académie, fut d'abord un de ses membres les plus actifs et bientôt un des plus illustres. Roemer, en effet, a mesuré le premier la vitesse de la lumière, à laquelle Picard, par une voie toute différente, avait touché de si près. Les satellites de Jupiter, en circulant autour de la planète, traversent périodiquement le cône d'ombre projeté par elle à l'opposé du soleil. Si leur mouvement était uniforme aussi bien que celui de Jupiter, les entrées ou *immersions* dans le cône d'ombre se succéderaient à intervalles égaux, et il en serait de même des sorties ou *émersions*. Si la lumière se propage instantanément, la régularité des observations reproduira fidèlement celle des phénomènes ; mais si au contraire les rayons lumineux emploient un certain temps à parcourir la distance variable qui nous sépare de Jupiter, l'observation inégalement retardée accusera dans les intervalles des différences qui n'ont rien de réel et dont la loi est évidente. Lorsque la terre s'éloigne de Jupiter, nous fuyons pour ainsi dire devant les rayons qu'il nous envoie, le retard va en augmentant, et les intervalles apparents sont plus grands que les intervalles réels. L'effet est contraire lorsqu'en nous rapprochant de la planète, nous allons au-devant de ses rayons. Or, un examen facile de la position des astres montre que, dans le premier cas, Jupiter, cachant ses satellites au moment de l'immersion, l'émersion est seule visible de la terre; les immersions au contraire le sont seules dans le second cas. Si donc la propagation de la lumière n'est pas instantanée, l'intervalle entre deux immersions consécutives observées doit sembler plus court que celui de deux émersions, et la différence sera d'autant plus grande que la lumière marche moins vite. C'est par ces considérations ingénieuses que Roemer osa fixer à vingt-deux minutes le temps employé par la lumière à traverser le diamètre de l'orbite terrestre. Un paradoxe aussi hardi heurtait, non-seulement l'opinion commune, mais l'une des assertions les plus résolues et les plus tranchantes de Descartes; les savants devaient y résister.

Encore que la loi de Roemer paraisse nettement dans les moyennes, lorsqu'en approfondissant la matière on veut chercher dans le détail des observations une preuve plus précise et plus certaine, l'ordre fait place à la confusion, et de continuelles anomalies, en altérant les résultats prévus, semblent les convaincre d'erreur. Cassini, qui, entrant dans

la pensée de Roemer, en avait vanté d'abord la nouveauté et la force, alléguait contre elles des objections considérables. Pendant que la terre, en effet, s'éloigne de Jupiter, le premier satellite s'éclipse plus de cent fois; et si, comme l'affirmait Roemer, la vue de la dernière éclipse est retardée de vingt-deux minutes par rapport à celle de la première, l'accroissement moyen de l'intervalle qui sépare deux éclipses est de treize secondes environ. De si petites différences ne sont pas écrites dans les phénomènes en caractères assez visibles, et, sans parler des erreurs d'observation, d'autres inégalités peuvent, on le comprend, les effacer complétement et en renverser le sens.

Roemer cependant se défendait avec vigueur et succès. On lit, dans l'extrait des registres remis à Colbert en 1678 : « M. Roemer a confirmé par de nouvelles observations ses sentiments touchant la vitesse de la lumière, prétendant que son mouvement ne se fait pas en un instant. Comme ce problème est un des plus beaux que l'on ait encore proposés sur ce sujet et que M. Cassini y a trouvé quelques difficultés, on l'a examiné souvent dans l'assemblée. La compagnie a trouvé que cette méthode pour trouver le temps que la lumière des astres emploie à son mouvement est la meilleure et la plus ingénieuse dont on se soit avisé jusqu'à présent. »

Mais dans l'histoire rédigée par lui des travaux astronomiques de l'Académie, Cassini tient un autre langage et se prononce hardiment dans un sens opposé. On a comparé, dit-il, le temps de deux émersions prochaines du premier satellite dans une des quadratures avec le temps de deux immersions prochaines dans la quadrature opposée de cette planète, et bien que la lumière d'un satellite, à la fin de sa révolution dans la première quadrature, fasse moins de chemin pour venir à la terre, dont Jupiter s'approche, qu'à la fin de sa révolution dans la seconde, quand Jupiter s'éloigne de la terre et que cette différence monte tout au moins à trois cent mille lieues de chemin dans un temps de plus que dans l'autre, on n'a pas trouvé de différence sensible entre les deux espaces de temps. « Ce n'est pas, ajoute Cassini, que l'Académie ne se soit aperçue, dans la suite de ses observations, que le temps d'un nombre considérable d'immersions d'un même satellite est sensiblement plus court que celui d'un pareil nombre d'émersions, ce qui peut, en effet, s'expliquer par le mouvement successif de la lumière, mais elle ne lui a pas paru suffisante pour convaincre que le mouvement est en effet successif. » La découverte de Roemer, aujourd'hui solide et inattaquable, a été confirmée par tous les progrès de la science ; les objections pouvaient cependant et devaient être faites, et Cassini, en suspendant son jugement, ne fait paraître aucun esprit de dénigrement ou de jalousie.

La question, vingt ans plus tard, semblait encore douteuse, et Fontenelle, en analysant un travail de Maraldi, concluait avec lui, ou bien peu s'en faut, en faveur de la propagation instantanée. « Il paraît, dit-il, qu'il faut renoncer, quoique peut-être avec regret, à l'ingénieuse et séduisante hypothèse de la propagation successive de la lumière, ou du moins à l'unique preuve certaine que l'on crût en avoir; car une preuve manquée ne rend pas une chose impossible. »

Une autre expédition plus célèbre encore que celle de Picard fut celle de Richer, envoyé à Cayenne pour y faire, sous un ciel et dans un climat nouveaux, d'importantes observations astronomiques. Plusieurs questions lui étaient particulièrement signalées, parmi lesquelles l'observation de la planète Mars excitait au plus haut point l'impatiente curiosité des savants. L'Académie, dit Fontenelle, attendait le retour de ses missionnaires comme l'arrêt d'un juge appelé à prononcer sur les difficultés qui divisent les astronomes. Il s'agissait, en effet, de déterminer la distance de Mars à la terre pour en conclure le rayon encore inconnu de l'orbite terrestre.

Les astronomes ne connaissaient que des rapports. Ils savaient très-exactement que la distance de Mars au soleil est une fois et demie celle de la terre au soleil, mais on n'avait, sur la grandeur absolue de l'une d'elles, que d'insignifiantes conjectures. Anaxagore, en supposant le soleil aussi grand que le Péloponèse, évaluait sa distance à la terre à mille ou douze cents lieues tout au plus. Aristarque, par des mesures ingénieuses, mais fort grossières, l'avait portée à douze cents rayons terrestres; Descartes n'en supposait que sept à huit cents; Kepler, au contraire, avait triplé le nombre d'Aristarque. Les observations de Richer devaient sextupler celui de Kepler.

Mars alors approchait autant que possible de la terre, et l'on espérait pouvoir mesurer l'angle formé par deux rayons visuels dirigés par lui au même instant, l'un de Paris, l'autre de Cayenne. Rien de plus facile en théorie que la détermination d'un tel angle. Les difficultés sont toutes d'exécution, mais elles sont considérables.

Devant la distance des étoiles, le diamètre de la terre disparait en quelque sorte et s'évanouit ; les rayons dirigés vers l'une d'elles par deux observateurs éloignés sont rigoureusement parallèles, et l'on peut, par suite, rapporter à une même direction et comparer par là l'un à l'autre deux rayons dirigés vers Mars de deux points éloignés du globe. Malheureusement la terre tourne et se déplace. Mars lui-même n'est pas immobile, et une seconde de retard dans une observation peut dévier de plus de quinze secondes le rayon dirigé vers lui; si l'on songe qu'un angle de vingt-cinq secondes fait tout le dénoûment du problème, on perd l'espoir d'obtenir, à deux mille lieues de distance, deux observations réellement simultanées. Il faut s'affranchir de cette condition, et la marche régulière de la planète, soumise à des lois bien connues, permet de calculer, d'après la position observée, celles qui la précèdent ou qui la suivent; on doit enfin, dans une recherche aussi délicate, prévoir toutes les causes d'erreur et en corriger les effets.

L'événement trompa d'abord toutes les espérances. Les erreurs d'observation, en compensant fortuitement les différences de direction, assignèrent une valeur nulle à l'angle qu'on voulait mesurer; mais Cassini, en recherchant jusqu'à la source la cause possible d'un résultat aussi inacceptable, fut conduit à soupçonner un quart de minute d'erreur, en assignant à l'angle une valeur de vingt-cinq secondes que donnaient ses propres observations et qui est exacte. Cassini, en effet, avait résolu le problème sans employer les observations de Cayenne. Le principe de sa méthode est ingénieux. Puisque la comparaison des observations n'exige pas qu'elles soient simultanées, on peut choisir, pour les comparer, deux observations faites à six heures de distance dans un seul et même observatoire. La terre, dans son mouvement bien connu, emporte l'observateur plus loin de sa position primitive que Paris ne l'est de Cayenne, et la différence de temps peut remplacer la distance des lieux.

C'est l'observation du pendule qui devait immortaliser sur-

tout le nom de Richer et le souvenir de son expédition. Le pendule qui bat les secondes est plus court à l'équateur qu'à Paris, et ce fait, bien observé, nous montre, par une conséquence très-assurée, que la pesanteur y est moindre. Huyghens, en évaluant la force centrifuge produite par la rotation de la terre, fit connaitre une cause considérable, mais non pas unique, de cette diminution qui se rattache avec certitude à la forme aplatie de la terre. Mais la suite de ces déductions est accessible aux seuls géomètres, et les autres savants n'y virent, pendant bien des années, qu'une ingénieuse conjecture qu'ils discutaient sans s'entendre. Il restait donc beaucoup à faire pour fixer les esprits et rendre la démonstration convaincante. Cinquante ans plus tard, les deux partis jugeaient nécessaire une nouvelle expédition académique, qui, pour les mettre d'accord, dut chercher des preuves évidentes et irréfragables dans des mesures directes et précises.

Le roi Jacques II, dans une visite à l'Observatoire de Paris, le 27 avril 1690, avait rapporté l'opinion de Newton sur l'aplatissement de la terre. Les académiciens, dans leur réponse, invoquent assez singulièrement les observations de Richer pour repousser une théorie dont elle fournit la preuve la plus assurée. « On répondit, dit le procès-verbal, que cette idée était venue à quelques-uns à l'occasion de quelques observations de Jupiter, qui a paru quelquefois n'être pas parfaitement sphérique, mais que la partie de l'ombre de la terre qui tombe sur la lune paraissait assez circulaire pour persuader que la figure de la terre ne s'éloigne pas sensiblement de la sphérique; que cette conjecture avait été assez fortifiée par les observations de la longueur des pendules faites par les personnes envoyées par l'Académie des sciences à Cayenne, au cap Vert et aux Antilles, où le pendule à secondes s'est trouvé constamment sensiblement plus court que dans notre climat; mais que cette différence pouvait être attribuée aux températures de l'air, puisque, dans un même lieu, nous trouvons une petite différence entre l'été et l'hiver. » Cette explication est inacceptable, et une température de 200 degrés au moins serait nécessaire pour produire les effets observés.

Les expériences sur la transfusion du sang faisaient grand bruit en Angleterre. L'Académie prit soin de les reproduire et de les varier. Les Anglais remplaçaient hardiment le sang d'un homme par celui d'un sujet plus robuste ou mieux portant, en espérant par là changer non-seulement le tempérament, mais le caractère du patient. Le sang d'un lion, par exemple, devait enflammer l'homme le plus timide et lui donner avec une noble fierté un courage invincible. Les savants de Londres, pour guérir un fou, avaient remplacé la plus grande partie de son sang par celui d'un homme sain d'esprit; mais le malade, continuant à déraisonner sur tous les points, sauf sur un seul peut-être, courait les rues de Londres en se disant le martyr de la Société royale. Les académiciens français opérèrent seulement sur des chiens. Ils ne furent pas heureux. L'animal qui donnait son sang se rétablissait assez bien, l'autre languissait et mourait presque toujours. Le parlement, informé de ces résultats, défendit par arrêt la transfusion comme inutile et dangereuse.

La machine pneumatique, inventée à Magdebourg par Otto de Guericke et apportée par Huyghens devant l'Académie, fut aussi pour elle un sujet d'études et l'instrument d'expériences très-nombreuses. Parmi les singularités observées, on peut signaler l'effet produit sur un poisson qui, placé sous le récipient dans un vaisseau plein d'eau, tomba au fond sans pouvoir remonter, même après la rentrée de l'air. Sa vessie natatoire s'était vidée d'air et ne fonctionnait plus.

C'est Huyghens également qui annonça le premier à l'Académie la force expansive de la glace, en profitant, pour la rendre sensible, du rude hiver de 1668.

Le phosphore de l'urine, découvert par Brandt, fut également mis sous les yeux de l'Académie et préparé par Homberg dans le laboratoire. L'Académie ces jours-là devenait une école, et l'un de ses membres, transformé en professeur, donnait l'enseignement à tous les autres.

Colbert pendant toute sa vie se montra favorable à la compagnie qu'il avait fondée. Plein de ménagements et de prévenances pour elle, soigneux de ses intérêts comme de sa dignité, facile à ses projets et à ses entreprises, il se plaisait à lui rendre de bons offices. Informé des travaux commencés, attentif en même temps aux recherches particulières et animant chacun dans ses propres desseins, il savait soutenir sans diriger; habile à juger les hommes et les éprouvant au besoin, il se faisait le protecteur et l'appui, non le guide de ceux qu'il avait appréciés et choisis. Sa mort fut un grand malheur pour les savants. L'impérieux Louvois, second protecteur de l'Académie, s'occupa fort peu d'elle et fort mal. L'esprit qui l'animait n'était pas celui de la science. Les intérêts du roi étaient pour lui la loi suprême, et le soin de sa grandeur la seule affaire de conséquence. Les bienfaits et la faveur dont il daignait les honorer imposaient aux académiciens l'obligation de se tenir toujours sous sa main prêts à servir ses projets en s'y appliquant tout entiers.

Le 16 février 1686, un M. de la Chapelle, *délégué par Louvois* et interprète de ses volontés, vint proposer à l'Académie une distinction fausse et grossière entre les recherches utiles et la science de pure curiosité, comme s'il existait deux lumières, l'une pour guider les hommes, l'autre pour charmer leurs yeux. « J'ai déjà eu l'honneur de dire à l'Académie, *dit* M. de la Chapelle, que Mgr de Louvois demande ce que l'on peut faire au laboratoire; il m'a ordonné d'en parler encore. Ne peut-on pas considérer ce travail ou comme une recherche curieuse, ou comme une recherche utile? J'appelle recherche curieuse ce qui n'est qu'une pure curiosité ou qui est pour ainsi dire un amusement des chimistes; cette compagnie est trop illustre et a des applications trop sérieuses pour ne s'attacher ici qu'à une simple curiosité. J'entends une recherche utile celle qui peut avoir rapport au service du roi et de l'État. » Le nouveau protecteur prétendait, on le voit, retrancher les curiosités inutiles et les amusements de l'esprit; où la curiosité n'est pas admise pour elle-même, il ne faut pas espérer cependant que la science se développe et reste en honneur. Mais l'Académie, accoutumée à s'incliner au moindre signe venu de si haut, n'avait pas à discuter avec un ministre tout-puissant.

M. de la Chapelle avait fait connaître quelques-uns des problèmes utiles dont on désirait la solution. Ne serait-il pas permis, disait-il, d'examiner les effets du mercure, de l'antimoine, du quinquina, du laudanum et du pavot selon les différentes préparations, et de faire des analyses exactes du thé, du café et du cacao, dont l'usage se rend si commun, soit comme remède, soit comme aliment?

M. Bourdelin, qui naguère distillait des crapauds, se distingua par son empressement. Quelques semaines après la

visite de M. de la Chapelle, il apportait à l'Académie l'analyse de trois livres d'excellent café. « Ces trois livres ont donné, dit-il, vingt onces sept gros de liqueur qu'on a tirée par la cornue. La première, de quatre onces, un peu austère, a rougi le tournesol. La seconde, avec un peu d'acidité, a fait couleur de vin de Châblis avec le vitriol. La troisième a fait couleur de minium en mettant une portion de vitriol sur sept de cette liqueur. La quatrième, d'odeur de cumin austère et amère, a rendu laiteuse la solution du sublimé. Une partie de vitriol sur deux a fait couleur de minium. La cinquième partie, fort acide et mêlée de sulfuré, a précipité le sublimé. Une partie de cette liqueur avec deux de vitriol a fait couleur de minium fort foncée. La sixième, de trois onces, a fait effervescence avec l'esprit de sel, et il reste huit onces deux gros figés. La tête morte avait plus de volume que le café.

Une telle analyse échappe à la classification de Louvois; elle n'est ni curieuse ni utile. « Bourdelin, dit Fontenelle, aimait tant le café, que sur la fin de sa vie, quand les médecins le lui interdirent, il se flatta longtemps d'être désespéré pour pouvoir sans scrupule en prendre tant qu'il voudrait. Son analyse, s'il en est ainsi, ne peut suggérer qu'une réflexion : puisque le café était excellent, il aurait mieux fait de le boire.

L'Académie reprit plus d'une fois sans succès l'étude du café. Dans un mémoire lu en 1715, on y signale des principes salins et sulfureux, en terminant par quelques indications plus pratiques. L'expérience, dit l'auteur qui n'est autre que le premier académicien de la célèbre famille de Jussieu, a introduit quelques précautions que je ne saurais blâmer touchant la manière de prendre cette infusion. Telles sont celles de boire un verre d'eau auparavant de prendre le café, de corriger par le sucre l'amertume qui pourrait le rendre désagréable, et de le mêler de lait ou de crème pour en étendre le soufre, embarrasser les principes salins et le rendre nourrissant. » M. Purgon n'aurait pas mieux dit.

Perrault affecta plus de déférence encore aux vues de Louvois en apportant à l'Académie une invention fort bizarre pour doubler la vitesse d'un boulet de canon. Le projectile ordinaire, dans le projet de Perrault, serait remplacé par un second canon qui doit lancer le boulet pendant son trajet dans l'intérieur de la grande pièce, en lui imprimant outre sa vitesse propre celle que lui communique l'action de la poudre. Pour ne rien perdre enfin, on doit disposer à petite distance un anneau assez fort pour retenir le petit canon au passage, sans être endommagé par le choc. Malgré la juste considération qui entourait Perrault dans l'Académie, on n'ordonna pas la réalisation d'un projet dont la naïve hardiesse, en faisant sourire plus d'un homme de guerre, dut montrer à Louvois que les académiciens ne sont pas des artilleurs, et que le mieux est de laisser chacun à ses travaux naturels.

Le départ d'Huyghens après la révocation de l'édit de Nantes, la mort de Picard et la retraite de Roemer en Danemark, furent pour l'Académie des pertes irréparables. Elle se trouva privée tout à coup de ses lumières les plus précieuses. Quoique pour la chimie la stérile abondance de Duclos eût été heureusement remplacée par l'activité plus fructueuse de Homberg, le zèle des autres membres s'affaiblissait; le travail en commun, devenu une gêne pour tous, était abandonné peu à peu, et l'on avait peine bien souvent à occuper les deux heures de la séance. Les procès-verbaux, qui naguère remplissaient chaque année deux volumes, l'un pour les samedis, l'autre pour les mercredis, se réduisirent au point que les comptes rendus des années 1688 à 1691, toujours écrits par Duhamel avec la même exactitude, n'occupent plus ensemble qu'un seul volume qui les réunit sans distinction. L'activité renaît ensuite, il est vrai, mais elle se déplace; chacun veut user de son initiative et déserte les routes tracées à l'avance.

La lutte entre les deux systèmes, commencée dès les premières années de l'Académie, s'était renouvelée à plusieurs reprises et se déclarait de plus en plus. L'Académie, dans l'intention des fondateurs, devait absorber complétement en elle l'individualité de ses membres, produire l'unité des esprits dans la science et dans la doctrine, et paraître seule au dehors, non-seulement pour prendre part aux découvertes de chacun et s'en glorifier, mais en se les appropriant sans citer aucun nom.

Avant de publier pour la première fois ses travaux, la compagnie se demanda si elle devait nommer dans la préface les particuliers qui avaient fait quelques découvertes; on fut d'avis de ne les point nommer, et il fut décidé qu'on se contenterait de dire que les découvertes ont été faites dans l'Académie. Cette étrange égalité, décrétée mais non obtenue, n'était pas sans précédent, et les expériences des académiciens del Cimento, à Florence, sont restées leur propriété commune. L'Académie de Paris, en s'appropriant ainsi les travaux de ses membres, déniait à chacun d'eux le droit de les inscrire dans ses propres ouvrages.

On lit au procès-verbal du 18 août 1688 : « La Compagnie, pour éviter que dorénavant les personnes qui la composent n'insèrent dans leurs ouvrages particuliers les observations et les nouvelles découvertes qui sont faites dans les assemblées, a statué d'un commun consentement qu'à l'avenir chacun de ceux qui voudront faire imprimer de leurs ouvrages sera obligé d'en donner avis à la Compagnie et d'y apporter son manuscrit pour y être examiné, ou par l'Académie en corps, ou par les commissions qu'elle nomme pour cet effet. A l'égard des ouvrages qui ont été imprimés par ceux qui la composent, la Compagnie a résolu de revendiquer ce qui lui appartient toutefois et quand l'occasion s'en présentera. La Compagnie a prié M. de la Chapelle de savoir la volonté de Mgr de Louvois, protecteur de l'Académie, avant que d'insérer le présent règlement dans les registres. »

Ce passage est très-remarquable. On y voit clairement l'état intérieur de l'Académie et les causes d'un affaiblissement qui frappait tous les yeux. Les mathématiciens empiétaient peu à peu sur tout le reste. Cassini, l'Hôpital, Varignon, la Hire et Homberg, sans s'astreindre plus longtemps à chercher la vérité en commun, produisent isolément et sans grand éclat d'instructifs et nombreux travaux; mais ils ont peine à remplir les séances. Les sciences d'observation n'y occupent plus qu'une très-petite place; tout semble aller à l'abandon. Le laboratoire est délaissé, l'Académie n'a plus de règle, et l'assiduité de ses membres diminue sensiblement. Un grand changement était nécessaire; l'abbé Bignon, neveu du troisième protecteur, Pontchartrain, eut le mérite de le comprendre. Après s'être fait donner par son oncle la direction de l'Académie, il obtint de la renouveler par un règlement qui, en accroissant le nombre de ses membres et lui donnant le droit de se recruter elle-même, la rendit à la fois plus forte et plus libre, plus florissante et plus féconde.

sement; l'organisation nouvelle élevait de seize à cinquante le nombre de ses membres et les partageait en trois classes : celles des honoraires, des pensionnaires et des associés; la première composée de dix membres et les deux autres chacune de vingt. A chaque pensionnaire enfin était attaché un élève qui, formé par lui et instruit près de l'Académie à laquelle il appartenait par avance, devait en s'y dévouant tout entier mériter successivement le titre d'associé et les avantages des pensionnaires. Les membres honoraires étaient en quelque sorte les médiateurs de l'Académie auprès du roi et de ses ministres; ils devaient aider leurs confrères de leur crédit, les honorer par leur présence et les encourager par leur attention. Les plus grands seigneurs recherchèrent ce rôle et tinrent souvent à honneur d'ajouter à leurs titres celui d'académicien. Le règlement affirmait leur intelligence et leur savoir dans les mathématiques et dans la physique, mais une grande bienveillance pour les savants et le désir exprimé d'entrer en commerce familier avec eux étaient souvent la plus grande preuve qu'on leur en demandât et la seule marque qu'ils en pussent fournir. La prééminence leur appartenait de droit dans l'Académie, et le roi chaque année choisissait pour président et pour vice-président deux des membres honoraires.

Les anciens académiciens furent presque tous admis dans la classe des pensionnaires. On les partagea en six sections de trois membres chacune : celles de géométrie, d'astronomie, de mécanique, de chimie, d'anatomie et de botanique. Le secrétaire et le trésorier complétaient le nombre de vingt.

Douze des associés étaient Français et habitaient Paris. Répartis comme les pensionnaires entre les six sections, ils portaient à cinq le nombre de leurs membres. L'Académie, pour attirer à elle toutes les gloires, pouvait choisir les huit autres associés parmi les savants étrangers. On décida par un très-sage conseil que, désignés par l'éclat, non par la nature de leurs travaux, ils n'appartiendraient à aucune section. En cas de vacance parmi les honoraires, l'Académie devait proposer un candidat à l'agrément du roi. Pour les places de pensionnaires, elle en présentait trois, parmi lesquels deux au moins déjà associés ou élèves. La nomination des associés se faisait comme celle des pensionnaires, et sur les trois candidats présentés, deux au moins devaient être choisis parmi les élèves; mais la règle fut renversée, et en 1716 un règlement nouveau imposa au contraire l'obligation d'inscrire sur la liste présentée au roi un candidat au moins étranger à l'Académie, afin que Sa Majesté pût à chaque élection, si elle le jugeait utile, rajeunir et fortifier l'Académie par l'adjonction d'un membre nouveau.

Les associés prenaient part à tous les travaux de l'Académie, mais ils n'opinaient que sur les questions de science. En cas de doute sur un de leurs droits, les honoraires et les pensionnaires en décidaient en dernier ressort, à la majorité des suffrages.

Chaque pensionnaire choisissait son élève et le faisait agréer par la Compagnie, qui le proposait à la nomination du roi. Plusieurs choix se portèrent, comme on devait s'y attendre, sur des fils, des neveux ou des frères, qui furent admis sans opposition. Les élèves ne votaient jamais; ils ne devaient parler que sur l'invitation du président, et ne partageaient, dans les premières années aucun des droits des académiciens; mais l'apprentissage peu à peu devint un surnumérariat achevée. Galois proposa Ozanam, plus que sexagénaire, qui conserva jusqu'à l'âge de soixante-quinze ans, avec le titre d'élève, la situation presque humiliante qu'il lui attribuait dans la compagnie; plusieurs autres, en se distinguant par leurs découvertes, prirent dans l'Académie une légitime influence. Le titre d'élève mettait une trop grande différence entre des savants égaux souvent par le talent comme par la renommée; on le supprima en 1716 en créant douze adjoints auxquels une plus grande part fut accordée dans les délibérations et dans les travaux. L'institution des associés libres est de même date; sans appartenir à aucune section et sans cultiver spécialement une des branches de la science, ils devaient, par leurs lumières générales, prêter à l'Académie un précieux concours. C'est à cette classe qu'ont appartenu le chirurgien Lapeyronie, l'ingénieur Belidor, le magistrat astronome Dionis du Séjour et l'illustre Turgot, qui cependant aurait si bien tenu sa place parmi les honoraires.

Joseph Bertrand
Membre de l'Académie des sciences,
Professeur au Collége de France.

UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE

(États-Unis d'Amérique).

M. AGASSIZ (1).

(de la Société royale de Londres et de l'Institut de France).

La série chronologique, la série embryologique et la gradation de structure chez les animaux.

I. — Parallélisme entre la succession des animaux dans les ages géologiques et le développement embryonnaire de leurs représentants actuels.

Plusieurs auteurs ont déjà signalé la ressemblance qui existe entre les jeunes de certains animaux actuels et les représentants fossiles des mêmes familles. Mais jusqu'ici ces comparaisons n'ont porté que sur des cas isolés. On n'est pas encore complétement sûr que le caractère de la succession des êtres organisés dans les âges passés soit de nature à offrir, en général, une conformité remarquable avec le développement embryonnaire des animaux. C'est là, cependant, une conclusion justifiée par l'état actuel de nos connaissances en embryologie et en paléontologie. Déjà, dans le paragraphe qui précède, nous venons d'examiner, au point de vue de la corrélation existant entre l'ordre de succession des fossiles et le rang zoologique des animaux actuels, les faits qui ont le plus d'importance pour ce nouveau parallèle à établir. Dans l'examen suivant de la conformité offerte par la succession des êtres et les phases de l'évolution embryonnaire des animaux vivants, nous pourrons donc admettre que le lecteur se représente assez bien l'ordre d'apparition des fossiles pour que cet ordre fournisse à notre comparaison une base suffisante. L'embryologie des Coraux n'a pas été étudiée de manière à fournir à l'argumentation le secours de larges données; on sait fort bien, toutefois (2), que le jeune polype est un animal

(1) Voyez ci-dessus pages 345, 643, 673 et 787 numéros des 2 mai, 5 et 18 septembre et 7 novembre 1868.

(2) J'ai établi ces faits d'après l'observation de plusieurs Coraux des récifs de la Floride, spécialement des genres *Porites*, *Astra* et *Manicina*.

simple, indépendant; qu'il est ensuite enchâssé dans un calice sécrété par le pied de l'embryon actinoïde et comparable à la paroi externe d'un coralliaire simple, et qu'il s'étend alors graduellement jusqu'à ce qu'il ait atteint son diamètre maximum; après quoi il bourgeonne ou se scinde (1). On sait aussi que, chez les anciens Coraux, la phase d'extension semble s'être prolongée toute la vie, comme, par exemple, chez les Cyathophylloïdes (2). Aucun de ces anciens Coraux ne forme ces vastes sociétés, composées de myriades d'individus réunis, qui caractérisent si bien nos récifs corallaires. Le caractère d'isolement plus grand, d'indépendance plus complète, qui est celui de l'individu chez les Polypes des âges passés, offre une ressemblance frappante avec l'état d'isolement des jeunes Coraux de tous les types contemporains. Néanmoins, dans aucune classe il ne reste autant à apprendre que dans celle des Polypes, avant qu'on puisse apprécier exactement la corrélation des phases embryonnaires avec l'ordre de succession dans le temps. A cet égard, j'en dois faire la remarque, on observe rarement que, parmi les animaux inférieurs, un type quelconque, même le plus élevé, représente, dans ses métamorphoses, tous les degrés d'organisation parcourus, soit dans leur évolution, soit dans l'ordre de succession, par les types placés au-dessous de lui. Fréquemment, il faut connaître l'embryologie de plusieurs types occupant dans l'échelle une place différente, pour parvenir à déterminer l'enchaînement de la série tout entière, soit dans le premier sens, soit dans le second.

Sur la corrélation des changements embryonnaires d'un animal avec l'ordre d'apparition des êtres qui le représentaient aux époques antérieures, aucune classe ne fournit un témoignage plus complet et plus admirable que celle des Échinodermes. C'est aux vastes et patientes investigations de J. Müller, sur les métamorphoses de ces animaux, que nous en sommes redevables. Avant la publication de ses mémoires, on ne connaissait que les métamorphoses de la Comatule européenne. On y trouvait déjà la preuve que les premières phases du développement de cet Échinoderme reproduisent le type des Crinoïdes pédonculés des anciens âges. Les belles monographies de Thompson et de Carpenter sont venues compléter ces données. J'ai moi-même vu, plus tard, que les phases successives du développement embryonnaire de la Comatule donnent, en quelque sorte, le type des principales formes de Crinoïdes qui caractérisent les formations géologiques successives. D'abord elle rappelle les Cistoïdes des roches paléozoïques, et les représente par sa tête simple et sphéroïdale; plus tard, elle rappelle les Platycrinoïdes à un petit nombre de plaques de la période carbonifère; puis les Pentacrinoïdes du lias et de l'oolithe, avec leurs verticilles de cirres; et enfin, quand elle s'est affranchie de sa tige, c'est un Crinoïde du degré le plus élevé, du type proéminent de la famille, à l'époque actuelle. Les recherches de Müller sur les larves de toutes les familles d'Astérioïdes et d'Échinoïdes nous permettent d'étendre la comparaison, même aux Échinodermes supérieurs. La première chose qui frappe l'observateur, dans les faits démontrés par Müller, c'est la ressemblance extraordinaire de tant de larves, de familles et d'ordres aussi différents que le sont les Ophiuroïdes et les Astérioïdes, les Échinoïdes proprement dits et les Spatangoïdes, les Holothurioïdes même, qui toutes, en somme, finissent par reproduire les particularités de leur type spécial. Il est encore très-remarquable que, à l'état le plus avancé, la larve des Échinoïdes et celle des Spatangoïdes continuent à montrer une si grande ressemblance, qu'un jeune *Amphidetus* se distingue avec peine d'un jeune *Echinus*. Enfin, car je ne veux pas pousser mes remarques trop loin, ces jeunes Échinoïdes (Spatangue aussi bien qu'*Echidus* propre) ont, à cause de leurs grosses épines, une physionomie générale plus semblable à celle des *Cidaris* qu'à celle des vrais *Echinus*. Eh bien! ces faits sont en concordance rigoureuse avec ce que nous savons de l'ordre d'apparition des Échinoïdes aux âges passés. Leurs représentants les plus anciens sont les genres *Diadema* et *Cidaris*; après quoi viennent les Échinoïdes, et, beaucoup plus tard, les Spatangoïdes. Quand l'embryologie des Clypéastroïdes sera connue, elle fournira sans doute d'autres anneaux qui rattacheront à la chaîne un plus grand nombre de membres de cette série.

L'embryologie imparfaitement connue des Acéphales, des Gastéropodes et des Céphalopodes ne fournit que peu ou point de données pour la comparaison que nous voulons faire. Il est néanmoins digne de remarque que les jeunes Lamellibranches, à l'état d'embryons, ressemblent, extérieurement du moins, aux Brachiopodes plus qu'à leurs propres parents, et que les jeunes coquilles de tous les Gastéropodes dont on connaît l'état embryonnaire, bien que toutes holostomées, rappellent les types les plus anciens de cette classe. Malheureusement, nous ne savons rien de l'embryologie des Céphalopodes à coquille, les seuls qu'on ait trouvés dans les formations géologiques anciennes, et rien non plus des changements que subit l'osselet des Dibranches. En sorte qu'aucune comparaison ne peut être établie entre eux et les Bélemnites, ou d'autres représentants de cet ordre aux périodes moyennes ou aux périodes plus récentes.

Ce que nous connaissons de l'embryologie des Vers nous donnât-il un terme de comparaison assez sûr, nous savons trop peu de chose sur les Vers fossiles pour pouvoir arriver à une conclusion. La classe des Crustacés, au contraire, est très-instructive sous ce rapport. Mais, pour poursuivre le parallèle à travers toute la série, il est nécessaire d'envisager simultanément l'évolution embryonnaire des Entomostracés les plus élevés, tels que les Limules, et celle des ordres supérieurs de la classe. On voit alors que les premiers rappellent, au début de leur vie, la forme et les caractères des Trilobites; de même que le jeune Crabe, en passant successivement par la forme des Isopodes et celle des Macroures décapodes, avant de revêtir l'aspect de son propre type de Brachyure, résume la succession bien connue des Crustacés à travers les âges géologiques moyens et les périodes tertiaires jusqu'à nos jours. Le travail remarquable de F. Müller sur l'embryologie des Crus-

(1) Voyez, dans notre tome II, pages 447, 469, 483, 550, 585, juin, juillet et août 1865, des leçons de M. Lacaze-Duthiers sur le Corail.

(2) Je me suis assuré que les Tabulés sont des Hydroïdes et non des Polypes; j'ai eu des doutes sur les affinités réelles des *Rugosa*. La tendance des cloisons à un arrangement quadripartite dénote évidemment chez eux un lien plus étroit avec les Acalèphes qu'avec les Polypes. De plus, leurs parois horizontales étagées diffèrent des parois interseptales correspondantes des vrais Polypes, et ressemblent à celles des Tabulés. Il se peut donc que les *Rugosa* aient plutôt de l'affinité avec les Acalèphes qu'avec les Polypes, et que la famille des Lucernaires soit le représentant actuel de ce type, mais sans parties dures. Dans ce cas, la sécrétion du pied, chez les Actinoïdes, indiquerait seulement une ressemblance typique entre les Polypes et les Acalèphes, et ne prouverait rien quant à la place relative des deux types.

tacés, bien que conçu à un point de vue opposé au mien, n'en offre pas moins les données les plus précieuses pour la connaissance des rapports qui rattachent le développement de ces animaux à leur succession géologique. L'apparition des Scorpions avant les autres Insectes, à la période carbonifère, est probablement encore un fait à signaler, si, comme j'ai tenté de le démontrer, les Arachnidiens peuvent être considérés comme la représentation de la phase chrysalidique de l'évolution des Insectes; mais, pour les raisons déjà énoncées dans la leçon précédente, il est difficile de faire entrer les Insectes dans le débat actuel.

J'ai indiqué, à la fin de mes recherches sur les Poissons fossiles, le caractère embryonnaire des Poissons primitifs; mais il reste beaucoup à faire dans cette direction. Le seul fait important que j'aie constaté depuis, c'est que les jeunes du *Lepidosteus*, longtemps après qu'ils sont sortis de l'œuf, présentent, dans la forme de la queue, des caractères observés jusqu'ici dans les seuls poissons fossiles du système devonien. Il faut espérer que l'embryologie des Crocodiles jettera quelque lumière sur l'ordre de succession des reptiles gigantesques de l'époque géologique moyenne. J'ai démontré que l'embryologie des Tortues répand une certaine clarté sur les particularités offertes par les Chéloniens fossiles. Il est déjà certain que les changements embryonnaires des Batraciens présentent quelque coïncidence avec leur succession aux anciens âges, telle qu'on la connaît. On sait trop peu de chose sur les Oiseaux fossiles, et les Mammifères fossiles ne s'étendent pas dans une assez longue série de formations, pour qu'on y puisse trouver des termes de comparaison bien frappants. Cependant les particularités caractéristiques des genres éteints indiquent universellement, entre ces genres et les jeunes des animaux qui les représentent de nos jours, plus de ressemblance qu'il n'y en a entre ceux-ci et leurs progéniteurs. C'est ce que prouve fort bien un rapprochement fait avec soin du jeune Éléphant avec le Mastodonte, non-seulement quant aux particularités des dents, mais même quant aux proportions des membres, des doigts, etc.

On peut donc regarder comme un fait général, de nature à être établi de plus en plus solidement, à mesure que les recherches embrasseront un plus vaste terrain, que les phases du développement embryogénique correspondent, chez tous les animaux vivants, à l'ordre de succession des êtres qui furent leurs représentants aux époques géologiques écoulées. Aussi loin qu'on aille, les représentants primitifs de chaque classe peuvent être regardés comme les types embryonnaires de leurs familles ou de leurs ordres respectifs existant de nos jours. Les Crinoïdes pédonculés sont le type embryonnaire de Comatuloïdes; les anciens Échinoïdes sont les représentants embryonnaires des familles supérieures vivant à l'époque actuelle; les Trilobites, le type embryonnaire des Entomostracés; les Décapodes de l'oolithe, celui de nos Crabes; les Ganoïdes hétérocerques, celui des Lépidostées; l'*Andrias Scheuchzeri* est un prototype embryonnaire des Batraciens actuels; les Zeuglodontes sont des Sirénides embryonnaires; les Mastodontes, des Éléphants embryonnaires, etc.

Pour apprécier toutefois complétement et exactement tous ces rapports, il est nécessaire de bien distinguer: 1° les *types embryonnaires en général*, qui figurent, dans l'ensemble de leur organisation, les degrés primitifs du développement chez des représentants plus élevés du même type; 2° les *traits embryonnaires*, qui prédominent plus ou moins fortement dans les caractères de genres très-voisins, le Mastodonte et l'Éléphant par exemple; et, 3° ce que j'appellerai les *types hyperembryonnaires*. Dans ceux-ci, les traits embryonnaires s'exagèrent considérablement aux périodes ultérieures de l'accroissement. Ainsi, par exemple, les ailes des Chauves-Souris ont tous les caractères embryonnaires d'une main palmée, comme l'est à l'origine celle de tous les Mammifères; en continuant à se développer, cette main est devenue, chez la Chauve-Souris, un organe propre au vol, de même que, dans d'autres familles (les Baleines, les Tortues de mer), elle prend la forme d'une nageoire, parce que la liaison des doigts est poussée à l'extrême contraire.

Voilà assez de détails sur ce sujet. J'en ai dit suffisamment pour montrer que l'intelligence directrice qui se révèle dans la succession des êtres organisés à travers les anciens âges se manifeste encore, par des combinaisons nouvelles, dans les phases évolutives des représentants actuels des divers types. Cela dénote une fois de plus que le même esprit créateur a agi dans toute la série des temps et sur toute la surface actuelle du globe.

II. — Types prophétiques.

On vient de voir, dans le précédent paragraphe, que, pour certains types, l'état embryonnaire des représentants supérieurs, appelés seulement plus tard à l'existence, était déjà figuré essentiellement, en quelque sorte, dans les individus de ces mêmes types qui vivaient à une époque antérieure. Maintenant que cette corrélation est suffisamment connue, on peut considérer les animaux divers d'une période antérieure comme manifestant pour ainsi dire le modèle sur lequel seront établies les phases de l'évolution d'autres *animaux à une* époque ultérieure. C'est, dans ces temps reculés, comme la prophétie d'un ordre de choses impossible avec les combinaisons zoologiques prédominantes alors, mais qui, réalisé plus tard, attestera d'une manière frappante que, dans la gradation des animaux, chaque terme a été préconçu.

Et ce n'est pas là le seul cas, ce n'est pas même le cas le plus remarquable d'un enchaînement prophétique entre deux faits de date différente.

De récents travaux en paléontologie ont fait découvrir, entre les animaux des âges passés et ceux de l'époque actuelle, des rapports que n'avaient pas même soupçonnés les fondateurs de la science. J'ai eu l'occasion de dire précédemment que, dans certains types, qui sont d'ordinaire les plus remarquables parmi ceux des époques primitives, on trouve, associées dans une combinaison commune, des particularités de structure qui, à une époque postérieure, n'existent plus que séparément et dans des types distincts. C'est ainsi qu'on rencontre les Poissons sauroïdes avant les Reptiles, les Ptérodactyles avant les Oiseaux, les Ichthyosaures avant les Dauphins, etc.

Presque dans chaque classe il y a, parmi les animaux des temps anciens, des familles entières qui, arrivées à parfait développement, rendent bien patente cette relation prophétique. Elles fournissent ainsi, dans les limites du règne animal, au moins, la preuve la plus inattendue que le plan de la création tout entière a été mûrement délibéré et arrêté longtemps avant d'être mis à exécution. C'est là ce que, depuis quelques années, je me suis accoutumé à appeler *types prophétiques*. Les Poissons sauroïdes en sont un exemple. Ces Poissons, dont l'apparition a précédé celle des Reptiles, réunissent les carac-

combinaison spéciale qu'on n'observe plus chez les êtres appartenant véritablement à la classe des Poissons, telle qu'elle est constituée de nos jours. Les Ptérodactyles, qui ont précédé sur le globe la classe des Oiseaux, et les Ichthyosaures, qui sont venus avant les Cétacés, sont encore des types prophétiques. Ces exemples suffisent, pour le moment, à rendre sensible la différence qu'il y a entre les *types embryonnaires* et les *types prophétiques*. Les types embryonnaires sont, dans une certaine mesure, des types prophétiques; mais ils ne représentent que les particularités de développement des êtres qui devront plus tard exprimer les degrés supérieurs du même type général. Les types prophétiques, au contraire, sont la représentation anticipée de combinaisons structurales qui, plus tard, s'observeront dans deux ou plusieurs types distincts. Ils n'ont pas d'ailleurs, nécessairement, le caractère embryonnaire (ainsi les Singes par rapport à l'Homme), bien qu'ils puissent, en certains cas, être à la fois embryonnaires et prophétiques, comme on le voit chez les Carnivores (Phoques, Plantigrades et Digitigrades), ou mieux encore chez les Crinoïdes pédonculés (voyez plus haut, § Ier).

Une autre combinaison encore s'observe fréquemment chez es animaux. C'est celle d'une série dont les termes se suivent de manière à former une gradation naturelle, mais sans rapport immédiat ou nécessaire, soit avec le développement embryonnaire, soit avec la succession des types dans le temps; c'est le cas des Céphalopodes à coquille, et c'est ce que j'appelle des *types progressifs*. »

Enfin, il faut distinguer entre les types prophétiques et ce que je nommerai les *types synthétiques*, quoique les uns et les autres soient plus ou moins confondus dans la nature. Les types prophétiques proprement dits sont ceux qui, dans les complications de leur structure, présagent d'autres combinaisons qui seront réalisées plus tard. Les types synthétiques, au contraire, sont ceux qui combinent, avec une pondération savante, les traits de plusieurs types qui n'auront que plus tard une existence distincte. Les Poissons sauroïdes et les Ichthyosaures sont plutôt des types synthétiques que des types prophétiques. Les Ptérodactyles ont à un plus haut degré le caractère prophétique; il en est de même de l'*Echinocrinus* par rapport aux *Echinus*; des *Pentremites* par rapport aux Astérioïdes, et du *Pentacrinus* par rapport aux Comatules. De plus nombreux exemples sont toutefois nécessaires pour rendre évidente l'importance des comparaisons de ce genre, et j'ai donné, dans mes *Contributions à l'histoire naturelle des États-Unis*, de plus amples détails sur ce sujet. J'en ai dit assez, je pense, pour faire voir que le caractère de cette sorte de rapports, entre les animaux des âges anciens et ceux de périodes postérieures ou même de l'époque actuelle, fait ressortir, plus que tout autre grand trait du monde animal, le lien intellectuel qui rattache tous les êtres vivants, à travers tous les âges, en un seul grand système étroitement enchaîné, du commencement jusqu'à la fin.

III. — Parallélisme entre la gradation de la structure et l'évolution embryonnaire.

Rien ne frappe comme la ressemblance des jeunes des animaux supérieurs avec les adultes des types inférieurs. Aussi certains auteurs ont-ils admis que tous les animaux d'un type [...]loppement, par des phases dont chacune correspond à la forme définitive d'un type moins élevé. Cette supposition, résultat d'une connaissance incomplète des faits, a même donné lieu à un système de philosophie de la nature, qui représente tous les animaux comme des degrés divers du développement d'un petit nombre de types primitifs. Ces vues ont été naguère propagées dans un ouvrage anonyme intitulé : *Vestiges of Creation*, qui a été trop répandu pour qu'il soit besoin de les reproduire ici. Les animaux ne forment pas une série simple, comme cela devrait résulter d'un développement graduel et successif, mais, dans certaines limites, la gradation naturelle qu'on peut tracer parmi les différents types du règne animal correspond aux changements qu'ils subissent avant d'arriver à l'âge adulte. J'ai en effet examiné plus haut quel rapport existe entre ces métamorphoses et l'ordre d'apparition des animaux sur la terre, ainsi qu'entre cet ordre et la gradation structurale ou le rang hiérarchique des animaux actuellement vivants. La complication de la structure, chez tous les animaux, nous est assez connue pour qu'il nous soit possible de choisir, dans toutes les classes où le développement embryonnaire a été suffisamment étudié, les exemples de cette corrélation entre la gradation de la structure et l'évolution de l'embryon. Mais il importe qu'on apprécie combien les traits principaux du règne animal sont étroitement combinés, soit qu'on envisage, ou la complication de la structure, ou la succession des types dans le temps, ou l'évolution embryonnaire des types actuels. Je me reporterai donc de préférence aux mêmes types que j'ai précédemment choisis pour la démonstration des autres rapports.

Chez les Échinodermes, nous trouvons, dans l'ordre des Crinoïdes, les types pédonculés au plus bas degré de l'échelle, les Comatules au plus haut, et nous savons que le jeune de la Comatule est un Crinoïde pédonculé qui ne devient libre qu'à un âge plus avancé. J. Müller a démontré que, parmi les Échinoïdes, les représentants les plus parfaits, les Spatangoïdes, ne diffèrent que légèrement, dans le jeune âge, des Échinoïdes, et pas un zoologiste ne mettra en doute que ceux-ci ne soient inférieurs à ceux-là. A l'égard des Crustacés, Dana a insisté particulièrement sur la gradation sériaire qu'on peut tracer entre les différents types de Décapodes. L'ordre naturel descend des Brachyures, en passant par les Anomoures, les Macroures, les Tétradécapodes, etc., jusqu'aux Entomostracés. Or, le caractère macrourien de l'embryon des Crabes a été pleinement établi par Rathke, dans ses admirables recherches sur l'embryogénie des Crustacés. J'ai moi-même démontré que les jeunes des Macroures reproduisent les formes des Entomostracés, à ce point que certains d'entre eux ont été décrits comme des espèces de ce dernier ordre. J'ai complétement expliqué, dans un mémoire spécial, la corrélation existant entre la gradation des Insectes et leur évolution embryonnaire. Ces parallèles de même nature ont été faits dans la classe des Poissons. Parmi les Reptiles, les Batraciens fournissent un exemple remarquable. Parmi les Oiseaux, tous les jeunes ont les pieds uniformément palmés; c'est encore là une corrélation entre les petits des ordres supérieurs et les adultes, aux caractères permanents, des ordres inférieurs. Dans l'ordre des Carnivores, les Phoques, les Plantigrades et les Digitigrades montrent la même correspondance entre la hiérarchie des représentants de plus en plus élevés d'un même type et les changements embryonnaires par lesquels

passe successivement le représentant qui occupe le degré supérieur.

Il serait superflu d'ajouter d'autres preuves pour faire voir que, dans tout le règne animal, il existe la plus étroite corrélation entre la gradation des types et les changements embryonnaires subis par leurs représentants. Et cependant, quel rapport génésique peut-il exister entre le *Pentacrinus* des Indes occidentales et les Comatules, qui sont de toutes les mers? Entre les embryons des Spatangoïdes et ceux des Échinoïdes; entre les premiers et l'*Échinus* adulte; entre la larve du Crabe et le Homard; entre la chenille d'un Papillon et une Teigne adulte ou un Sphynx adulte; entre le têtard d'un Crapaud et un Ménobranche; entre un jeune Chien et un Phoque, si ce n'est la commune subordination à un plan arrêté par une intelligence créatrice?

IV. — Rapports entre la structure, le développement embryonnaire, l'ordre de succession géologique et le mode de distribution géographique des animaux.

Il faut embrasser d'un coup d'œil un champ immense et des faits innombrables, pour apercevoir l'ordre qui règne dans la distribution géographique des animaux. On ne doit donc pas s'étonner que cette branche de la zoologie soit restée fort en arrière des autres divisions de la science. On ne doit donc pas non plus être surpris que la géographie des plantes soit beaucoup mieux connue que celle des animaux. Le tapis de végétation qui recouvre la surface du globe forme un dessin vigoureusement accusé, tandis que les combinaisons produites par le groupement des animaux ne sont guère visibles. Malgré cela, peut-être un jour, saisira-t-on plus aisément les relations qu'il y a entre la distribution géographique et les autres grands rapports généraux du règne animal; car l'échelle des différences structurales est plus grande chez les animaux que chez les plantes. Dès aujourd'hui même quelques coïncidences curieuses tendent à prouver que la distribution géographique des animaux est en rapport direct avec le rang qu'ils occupent dans leurs classes respectives, avec leur ordre de succession aux âges passés, et aussi, bien que d'une façon moins immédiate, avec leur évolution embryonnaire.

Presque toutes les classes possèdent des familles tropicales, et celles-ci ont généralement dans la classe un rang très-élevé. Quand, au contraire, elles sont situées sur un niveau évidemment inférieur, il y a, entre elles et les types qui ont prévalu aux temps passés, quelque rapport bien saillant. La classe des Mammifères fournit des exemples remarquables de ces deux sortes de connexions. En premier lieu, les Quadrumanes, qui, après l'Homme, occupent le plus haut degré de la classe, sont tous des animaux des tropiques. Il est même digne de remarque que les deux types les plus élevés des Singes anthropomorphes, les Orangs-outans de l'Asie et les Chimpanzés de l'Afrique occidentale, doivent à la coloration de leur peau une ressemblance de plus avec les hommes des races qui habitent les mêmes régions. Les Orangs sont cuivrés comme les Malais, et les Chimpanzés noirâtres comme les Nègres. Les Pachydermes, au contraire, occupent un des rangs inférieurs de la classe, quoiqu'ils vivent principalement sous les tropiques; mais ils constituent un groupe qui a été prééminent parmi les plus anciens Mammifères des époques antérieures. Parmi les Chiroptères, les grandes espèces frugivores sont essentiellement tropicales, tandis que celles qui sont plutôt omnivores se rencontrent partout. Parmi les Carnivores, les plus volumineux, les plus puissants, qui sont aussi du type le plus élevé, les Digitigrades, prédominent sous les tropiques; mais les Plantigrades les plus redoutables, les Ours, vivent dans la zone tempérée ou dans la zone arctique; et les Phoques, animaux du rang inférieur, sont des espèces marines des mers arctiques ou tempérées. Parmi les Ruminants, c'est dans les pays chauds qu'on trouve la Girafe et les Chameaux; les autres existent partout.

Dans la classe des Oiseaux, la gradation n'est pas si évidente que dans les autres classes; cependant c'est dans les contrées tempérées ou froides que se confinent les représentants les plus volumineux du type aquatique, et ce type est presque le seul dans la zone arctique, tandis que les Oiseaux de haut pays, qui sont d'un rang plus élevé, prédominent dans les pays chauds.

Chez les Reptiles, les Crocodiliens appartiennent exclusivement à la zone tropicale, la seule aussi où l'on trouve les grosses Tortues de terre; les Chéloniens aquatiques, qui sont évidemment inférieurs à leurs congénères terrestres, s'étendent beaucoup plus haut vers le nord. Les Serpents à sonnettes et les Vipères remontent bien plus, en latitude ou en altitude, que les Boas et les Serpents non venimeux. La même chose est vraie encore pour les Salamandres et les Tritons.

Les Requins et les Raies offrent, sous les tropiques, plus de variété qu'ailleurs.

C'est également sous les tropiques qu'on trouve les Lépidoptères diurnes les plus brillants; or, ils constituent l'ordre le plus élevé de la classe des Insectes.

L'ordre le plus haut parmi les Crustacés, celui des Brachyures, a de très-nombreux représentants dans la zone torride; mais Dana a fait connaître ce fait, complétement inattendu, que les Brachyures n'atteignent néanmoins leur plus haut degré de perfection que dans les contrées moyennes de la région tempérée. Les Anomoures et les Macroures, au contraire, sont presque également répartis entre la zone torride et la zone tempérée. Les Tétradécapodes, type inférieur, sont beaucoup plus nombreux sous les latitudes extratropicales qu'en dedans des tropiques.

Les Céphalopodes sont plus variés dans cette dernière région, et le Nautile est une réminiscence des âges anciens. Parmi les Gastéropodes, les Stromboïdes appartiennent aux tropiques; mais, parmi les Acéphales lamellibranches, les Naïades, qui me paraissent occuper un rang élevé dans leur classe, trouvent leur plus grand développement dans les eaux douces de l'Amérique du Nord.

Les Échinodermes supérieurs, les Holothuriens et les Spatangoïdes, sont plus variés sous les tropiques, et les *Echinus*, les Étoiles de mer, les Ophiures, s'étendent jusqu'aux mers arctiques. La présence du *Pentacrinus* dans les Indes occidentales se rattache, sans aucun doute, à la prédominance des Crinoïdes dans les anciens temps géologiques. Les Madrépores, qui, de tous les Polypes actinoïdes, sont les plus élevés, sont exclusivement tropicaux; par contre, les Alcyonoïdes du rang supérieur (*Renilla*, *Veretillum*, *Pennatula*) dépassent les tropiques et s'étendent sur la zone tempérée.

Un autre rapport intéressant à signaler entre la distribution géographique des animaux et leurs représentants aux âges antérieurs, c'est l'absence de types embryonnaires dans les régions chaudes. La zone torride ne possède aucun vrai

représentant des périodes géologiques primitives; elle a le *Pentacrinus*, mais il ne se rencontre pas au-dessous du lias; elle a le Nautile, parmi les Céphalopodes, mais rien qui ressemble à l'Orthocère; on y trouve les Limules, mais rien de pareil aux Trilobites.

L'étude des rapports entre le rang des animaux et leur distribution géographique rencontre une difficulté très-grande, de l'obscurité même, à certains égards, dans ce fait que des types tout entiers, caractérisés par une structure particulière, ont un habitat singulièrement circonscrit. Et cependant cela est une nouvelle preuve de l'intime corrélation qu'il y a entre les deux choses. Pourquoi l'Australie n'a-t-elle ni Singes, ni Carnivores, ni Rongeurs, ni Pachydermes, ni Édentés? C'est ce que je n'ai pas à expliquer; mais tout zoologiste sait qu'il en est ainsi: il n'ignore pas que les Marsupiaux de ce continent représentent en quelque sorte, par les modifications de leur structure spéciale, les autres ordres de Mammifères. L'Australie apparaît donc comme un continent qui aurait conservé les caractères des vieux âges géologiques. Dès lors il n'est personne qui ne comprenne de quel haut intérêt pour la classification sera une connaissance plus étendue de la distribution générale des animaux et des particularités de structure propres aux types localisés.

V. — Combinaison dans le temps et dans l'espace de divers rapports qui s'observent chez les animaux.

Pour peu que la pensée se concentre sur les rapports mutuels ou le parallélisme que présentent, les uns à l'égard des autres, tous ces caractères du règne animal, tirés de la structure, de l'embryologie, de la géologie, de la géographie, on est saisi par l'évidence de cette conclusion: toutes ces choses ont été établies par un esprit réfléchi; elles constituent en même temps le côté de la nature le plus accessible à notre intelligence, dès que celle-ci s'efforce de pénétrer la relation des êtres finis avec leur cause.

Les phénomènes du monde inorganique, comparés à ceux du monde organique, sont tous très-simples. Pas un des grands agents physiques, électricité, magnétisme, calorique, lumière, affinité chimique, ne présente, dans la sphère d'activité qui lui est propre, des phénomènes aussi compliqués que ceux dont le dernier des êtres organisés nous rend témoins. Au contraire, il n'est pas besoin de s'adresser au plus élevé de ces êtres pour retrouver, à côté des phénomènes exclusivement propres à la vie, les mêmes phénomènes physiques qui se produisent dans le monde purement matériel. Donc, puisque le corps organisé renferme tout ce que contient le monde inanimé, plus une puissance qui lui est propre, comment aurait-il été produit par les agents physiques? Si les physiciens, familiers avec les lois du monde inorganique, reconnaissent que ces lois doivent avoir été établies au commencement des choses, comment nieraient-ils que, *à fortiori*, les lois infiniment complexes du monde vivant ont dû être établies après les autres, successivement, et au fur et à mesure de la création des types végétaux et animaux. En effet, pendant une longue période, il n'y a pas trace, à la surface de la terre, de l'existence du monde organique.

Jusqu'à présent ce sont les contrastes existant entre le monde organique et le monde inorganique que nous avons toujours recherchés et examinés. Au point où nous en sommes venus, il n'est peut-être pas hors de propos de jeter un coup d'œil sur leurs coïncidences. Quelques-unes prouvent directement que l'ordre, dans le monde physique, a été établi conformément à des lois qui atteignent aussi les êtres vivants. Ainsi, dans la sphère de chaque règne, organique ou non, se découvre, avec une égale évidence, l'œuvre d'un esprit réfléchi. Tout le monde sait que l'arrangement des feuilles d'une plante peut être représenté par une série très-simple de fractions qui, toutes, sont ou des approximations graduelles vers la moyenne arithmétique des quantités 1/2 et 1/3, ou cette moyenne elle-même. Entre ces deux limites, maximum et minimum, varie l'écartement observé entre deux feuilles consécutives. La série normale exprimant les diverses combinaisons qu'on observe le plus généralement entre les feuilles des végétaux est la suivante:

$$\frac{1}{2}\ \frac{1}{3}\ \frac{2}{5}\ \frac{3}{8}\ \frac{5}{13}\ \frac{8}{21}\ \frac{13}{34}\ \frac{21}{55}, \text{ etc.}$$

Or, en comparant cet arrangement des feuilles sur l'axe qui les supporte, avec les révolutions des globes qui font partie de notre système solaire, Pierce a découvert la plus parfaite identité entre les lois fondamentales qui règlent l'un et celles qui gouvernent les autres. C'est ce qu'on peut voir d'un coup d'œil, au moyen du diagramme suivant. La première colonne contient le nom des planètes; la deuxième donne, exprimés en jours, les temps vrais de leur révolution sidérale; dans la troisième sont inscrites les durées de cette même révolution, telles qu'elles seraient dans l'hypothèse où chacun des nombres qui les indiquent serait, avec celui qui le précède ou celui qui le suit, dans le rapport exprimé par un des termes de la série phyllotaxique; la quatrième, enfin, est la suite des fractions qui représente la loi de l'arrangement des feuilles.

Neptune.....	60129........	62000	
Uranus......	30687........	31000.........	$\frac{1}{2}$
Saturne.....	10759........	10333.........	$\frac{1}{3}$
Jupiter......	4333........	4133.........	$\frac{2}{5}$
Astéroïdes...	1200 à 2000...	1550.........	$\frac{3}{8}$
Mars.......	687........	596.........	$\frac{5}{13}$
La Terre.....	365........	366..... $\frac{5}{13}$	} $\frac{8}{21}$
Vénus.......	225........	227..... $\frac{13}{21}$	
Mercure.....	88........	87.........	$\frac{13}{34}$

Dans cette série, la Terre forme une lacune; mais il est aisé d'expliquer cette irrégularité apparente. Les fractions 1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, 13/34, dont chacune fait connaître, pour une plante, la place que prennent successivement les feuilles en s'enroulant le long de la tige par la voie la plus courte, sont identiques, quant à leur signification, avec celles qui expriment ces mêmes positions par la voie la plus longue: 1/2, 2/3, 3/5, 5/8, 8/13, 13/21, 21/34, etc.

Reproduisons donc notre diagramme sous une autre forme, la troisième colonne indiquant les durées théoriques de révolution.

Neptune.....	$\frac{1}{1}$	62000	60129
»	$\frac{1}{1}$	62000	———
Uranus.....	$\frac{1}{2}$	31000	30687
»	$\frac{1}{2}$	15500	———
Saturne.....	$\frac{1}{3}$	10333	10759
»	$\frac{2}{3}$	[illegible]	[illegible]
Jupiter.....	$\frac{2}{5}$	[illegible]	[illegible]
»	$\frac{3}{5}$	[illegible]	[illegible]

Astéroïdes...	$\frac{5}{8}$	1550	1200
»	$\frac{3}{8}$	968	———
Mars.......	$\frac{5}{13}$	599	687
La Terre....	$\frac{8}{13}$	366	365
Vénus.......	$\frac{13}{21}$	227	225
»	$\frac{13}{21}$	140	———
Mercure.....	$\frac{21}{34}$	87	88

On voit, par ce tableau, que deux intervalles séparent ordinairement chaque planète de celle qui la précède; si bien que l'ordre normal des fractions effectives est réellement : 1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13, etc., c'est-à-dire celle de l'arrangement des feuilles par la voie la plus courte. La Terre est exclue de cette série, tandis qu'elle forme un terme de la série d'ascension par la voie la plus longue. L'explication de ce fait proposée par Pierce est celle-ci : La tendance à la formation d'une planète n'est pas suffisante à la fin d'un intervalle simple, mais elle devient tellement forte, vers la limite d'un second intervalle, que la planète ne se rencontre qu'en dehors de cette limite. Ainsi Uranus est un peu trop loin du Soleil, relativement à Neptune; de même, Saturne relativement à Uranus, et Jupiter relativement à Saturne. Les planètes ainsi formées condensent autour de leur centre une quantité de matière proportionnellement trop considérable; c'est notamment le cas pour Jupiter. A l'égard des astéroïdes, la force est suffisante à la fin d'un seul intervalle. Aussi l'astéroïde le plus extérieur n'est-il que bien juste dans la limite de cet intervalle, et toute la matière de ces corps est disséminée sur un espace immense, en masses séparées, au lieu d'être concentrée en une seule planète. En conséquence de cette dispersion des forces plastiques, la proportion de matière absorbée par les astéroïdes est petite. Mars, qui vient ensuite, est déjà, quand il se forme, tellement en dehors de sa vraie place, que, une fois l'intervalle suivant franchi, la force qui reste est assez puissante pour donner naissance à la Terre. Après quoi, la loi normale reprend son cours, sans plus de perturbation. Suivant cette loi, il ne peut y avoir de planète extérieure à Neptune, mais il peut en exister une intérieure à Mercure.

Et maintenant jetons un coup d'œil en arrière sur les traits généraux du règne animal que nous avons passés en revue. Laissons de côté les relations plus simples des êtres organisés avec le monde ambiant et celles d'individu à individu. Considérons seulement les différentes séries parallèles dont la confrontation nous a montré, dans chacun des grands types du règne, la mutuelle corrélation des phénomènes de la vie animale. Nous avons comparé, soit le rang, tel que le détermine la complication de la structure, avec les phases de l'accroissement ou avec la succession des êtres à travers les âges; soit l'ordre de cette succession avec l'évolution embryonnaire; soit enfin toutes ces relations entre elles et avec la distribution géographique des animaux. Partout c'est la même série ! Les mêmes faits sont vrais dans toutes les grandes divisions du règne animal, aussi loin qu'on ait poussé les recherches. Et si, faute de matériaux, l'enchaînement des témoignages est incomplet sur quelques points, il n'en suffit pas moins à prouver qu'une loi a été établie, et que, en vertu de cette loi, il existe, entre tous les traits généraux, une correspondance universelle qui relie, par un lien intellectuel et intelligible, tous les êtres organisés de tous les temps en un seul grand système. Qu'importe si quelques anneaux de la chaîne sont perdus ! Mais une connaissance intime et profonde du sujet peut seule permettre à l'esprit de saisir cette démonstration; car, même confusément entrevue, cette vérité constitue le résultat le plus brillant des efforts intellectuels combinés de centaines d'observateurs, pendant un demi-siècle.

La connexion entre les faits, chacun le voit d'abord, est chose purement intellectuelle; elle implique, par conséquent, l'action d'une Intelligence comme cause première. Or, si le pouvoir d'associer des idées est le privilége des esprits cultivés seulement; — si le pouvoir de combiner des pensées différentes et d'en déduire des pensées nouvelles est le privilége, encore plus rare, d'un petit nombre d'esprits supérieurs; — si la faculté de suivre à la fois plusieurs enchaînements d'idées distincts est un don assez extraordinaire pour que l'histoire ait pris soin d'en enregistrer le petit nombre d'exemples (César dictant à la fois plusieurs lettres à ses secrétaires), bien que cela dénote, en somme, la simple capacité de passer rapidement d'un sujet à un autre, sans perdre le fil de plusieurs idées parallèlement développées; — si tout cela n'appartient qu'au pouvoir intellectuel le plus fort, par quelle aberration du jugement dénier à une Intelligence suprême l'œuvre de ces combinaisons de la nature à côté desquelles toutes les conceptions humaines sont jeu d'enfant ?

Pour peu que j'aie réussi à montrer, dans les rapports divers observés entre les animaux et le monde physique, ou entre les animaux eux-mêmes, quelque chose d'intelligent, il s'ensuit que le Tout est dû à un Auteur intelligent. Il n'est peut-être pas hors de propos alors de chercher à indiquer, autant que cela est possible, la différence qu'il y a entre la pensée divine et la pensée humaine.

Prenant pour guide la nature, où la pensée se manifeste, je trouve que la pensée humaine est consécutive. Au contraire, la pensée divine est simultanée. Elle embrasse au même instant, et pour toujours, dans le passé, dans le présent et dans l'avenir, les rapports extrêmement diversifiés qui existent entre des millions d'êtres organisés d'une complication telle, que, pour en étudier et en comprendre, même imparfaitement, un seul, l'Homme par exemple, l'Humanité a employé des millions d'années. Oui, toutes ces choses ont été faites par un Esprit; toutes sont nécessairement l'œuvre d'un Esprit seul, de Celui devant lequel l'Homme ne peut que s'humilier, pour reconnaître, avec une ineffable gratitude, les prérogatives dont, sans parler des promesses d'une vie future, il lui a été de jouir dans ce monde.

L. AGASSIZ.

BULLETIN DES COURS.

École des mines

(boulevard Saint-Michel).

COURS PUBLICS.

MINÉRALOGIE (les mardis et samedis à midi). — M. DAUBRÉE (de l'Institut) a ouvert ce cours le mardi 17 novembre.

GÉOLOGIE (les lundis et jeudis à midi). — M. ÉLIE DE BEAUMONT, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, sénateur, directeur de la carte géologique de France, a ouvert ce cours le lundi 16 novembre. Il sera suppléé dans une partie du cours par M. de Chancourtois.

PALÉONTOLOGIE (les vendredis à midi). — M. BAYLE a commencé ce cours le vendredi 20 novembre.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

REVUE
DES
COURS SCIENTIFIQUES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

CINQUIÈME ANNÉE — NUMÉRO 52 — 28 NOVEMBRE 1868

SOCIÉTÉ DES AMIS DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE A LA SORBONNE (1).

M. DE LUYNES (2).

De la diffusion des corps.

On désigne sous le nom de *diffusion* les phénomènes qui se manifestent dans le contact des liquides ou des gaz, lorsqu'on les place dans des conditions spéciales.

DIFFUSION DES LIQUIDES.

L'expérience suivante, due à Graham, permet de préciser le sens exact qu'il faut attribuer à ce mot de diffusion quand il s'agit des liquides.

Supposons une petite bouteille de verre A (fig. 123), complétement remplie d'eau salée, et dont l'ouverture soit exac-

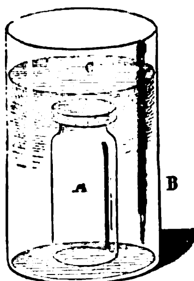


FIG. 123.

tement fermée au moyen d'une plaque de verre. Cette bouteille étant placée dans un grand vase B plein d'eau pure, on conçoit qu'en enlevant avec précaution la plaque qui ferme la bouteille A, on puisse mettre l'eau salée et l'eau pure en contact sans leur communiquer d'agitation sensible. Il semble alors que l'eau salée, plus dense que l'eau pure, devrait rester dans la bouteille A, entourée de toutes parts par l'eau pure, dont le poids spécifique est moindre. Il n'en est rien; en abandonnant l'expérience à elle-même, on reconnaît qu'au bout d'un certain temps, l'eau pure qui remplit le grand vase tient en solution du sel marin.

Si l'on prend en effet une solution de sel marin, et qu'on y verse quelques gouttes d'une solution d'azotate d'argent, il se produit immédiatement un précipité blanc, caillebotté, de chlorure d'argent soluble dans l'ammoniaque.

Soumettons à la même épreuve le liquide qui entoure la fiole A au bout de quelques heures d'expérience, nous obtiendrons le même précipité; ce qui démontre bien que l'eau salée s'est mélangée avec l'eau pure.

Ainsi, l'eau salée, plus dense que l'eau pure, est sortie de la bouteille A, contrairement aux lois de la pesanteur, pour se répandre dans le liquide environnant.

On dit alors qu'il y a eu diffusion de l'eau salée dans l'eau pure, ou que l'eau salée s'est diffusée dans l'eau pure.

Mais on comprend que l'eau salée qui a quitté la fiole A y a été remplacée par de l'eau pure. On peut donc dire que la diffusion consiste dans une sorte de pénétration réciproque des deux liquides mis en contact et primitivement séparés.

Disposons maintenant un certain nombre d'appareils semblables, mais dans lesquels la solution de sel marin sera remplacée par des solutions différentes. Puis, au bout d'un même temps, examinons les quantités des diverses liqueurs qui se sont diffusées dans l'eau pure, nous trouverons que ces quantités varient avec la nature de la substance dissoute; ce qu'on exprime en disant que les différents corps sont inégalement diffusibles.

On peut aussi déterminer le temps que ces corps exigent pour se diffuser également. On trouve que ce temps est différent pour chaque corps, comme l'indique le tableau suivant :

Noms des substances.	Temps pendant lequel ces substances se diffusent également.
Acide chlorhydrique	1
Sel marin	2,33
Sucre	7
Sulfate de magnésie	7
Albumine	40
Caramel	98

Il y a donc des corps inégalement diffusibles dans les liquides comme, par exemple, il y a des corps inégalement volatils.

Et, de même qu'il y a des corps qui sont fixes, c'est-à-dire qui ne se volatilisent pas d'une manière sensible, de même il y a des corps qui se diffusent avec une lenteur telle qu'on peut les regarder comme ne se diffusant pas d'une manière appréciable par rapport à ceux qui se diffusent.

Les corps qui se diffusent le mieux sont les matières cristallisées, comme le sel, le sucre, ou les corps liquides, comme les acides chlorhydrique, sulfurique, etc. Graham les désigne sous le nom de *cristalloïdes*.

Les corps qui se diffusent très-peu ou pas du tout sont les corps gélatineux, comme les hydrates de silice, d'alumine,

(1) Voyez ci-dessus, page 354, 2 mai 1868.
(2) Voyez d'autres conférences de M. de Luynes sur *la teinture*, dans notre tome III, page 369, 5 mai 1866, et sur *le verre*, dans notre tome IV, page 427, 1er juin 1867.

En réalité, suivant M. Henri Sainte-Claire Deville, les cristalloïdes sont les corps qui peuvent se dissoudre ; les colloïdes sont les corps qui ne se dissolvent pas, mais qui peuvent se gonfler au contact des liquides, de manière à former des gelées plus ou moins épaisses.

On comprend maintenant que si, au lieu de placer une dissolution saline simple en contact avec l'eau pure, on emploie une solution complexe formée de matières inégalement diffusibles, il s'effectuera dans la liqueur primitive, par le fait même de la diffusion inégale, une séparation d'autant plus avancée, que les différences de diffusion des divers corps seront plus considérables.

On pourra même arriver à une séparation presque complète si le mélange est formé d'une matière facilement diffusible, comme le sucre, et d'une autre substance qui ne se diffuse presque pas, comme la gomme.

Il y a plus : c'est que les colloïdes, comme la gelée d'amidon, la pectine, les corps gélatineux, etc., sont aussi perméables que l'eau pure aux substances diffusibles, tandis qu'elles s'opposent complétement au passage des matières colloïdes comme elles-mêmes. Ainsi, plaçons dans la moitié inférieure de la petite fiole A (fig. 124) un mélange d'une solution de gomme

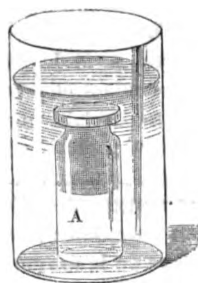


Fig. 124.

et de sucre ; remplissons-la avec une gelée quelconque, et plongeons le tout dans l'eau pure. Le sucre va se diffuser à travers la gelée aussi facilement que dans l'eau pure, tandis que la gelée s'opposera presque complétement au passage de la gomme.

On pressent déjà les applications à l'analyse que ces phénomènes peuvent offrir.

Dans ce qui précède, nous avons supposé que les solutions étaient en contact immédiat avec l'eau pure. Examinons ce qui se passera si les liquides sont séparés par des membranes animales ou des feuilles de papier-parchemin.

Dans ce cas le phénomène se complique ; car la membrane poreuse peut être considérée comme formée d'une infinité de petits canaux capillaires avec lesquels les liquides seront mis en contact, et l'on conçoit que l'action de la capillarité va modifier les phénomènes de diffusion, en augmentant ou en diminuant leur effet, suivant la nature des liquides et de la membrane qui les sépare.

La première expérience sur ce sujet est due à Dutrochet.

L'appareil qu'il a employé, l'endosmomètre, est disposé comme il suit :

C'est un long tube de verre s'élargissant à la partie inférieure en forme d'entonnoir, comme le représente la figure 125, et fermé en bas par une membrane. Le tube étant rempli des liquides soient les mêmes à l'intérieur et à l'extérieur du tube. Alors la diffusion a lieu à travers la membrane ; le liquide

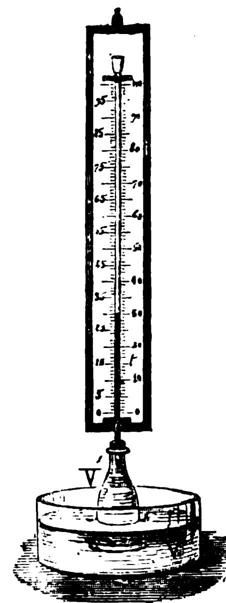
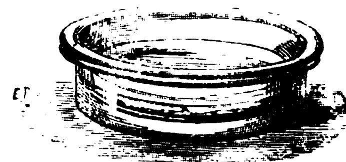


Fig. 125. — Endosmomètre de Dutrochet.

extérieur, traversant la membrane, pénètre dans l'intérieur du tube, en même temps que le liquide du tube sort pour se diffuser dans le liquide du vase. Il se produit donc en quelque sorte deux courants : l'un de dehors en dedans, que Dutrochet appelle l'endosmose ; l'autre, dirigé en sens contraire, qui est l'exosmose. Si le premier courant est plus rapide que le second, le niveau du liquide va s'élever dans le tube : c'est ce qui a lieu, par exemple, dans le cas où le tube est rempli avec de l'alcool et le vase extérieur avec de l'eau.

On peut modifier cet appareil et lui donner la forme adoptée par Graham (fig. 126). Le tube est remplacé par un vase dont le fond est formé par une feuille de papier-parchemin ; ce vase est posé sur les bords d'un cristallisoir rempli d'eau pure. On


Fig. 126. — Dialyseur de Graham.

verse sur le parchemin le liquide qui doit se diffuser, de manière que les niveaux soient les mêmes dans les deux vases. Si ce liquide est un mélange de deux dissolutions, par exemple de sucre et de sel, comme dans le même temps le sucre se diffuse environ trois fois moins vite que le sel, on comprend qu'en arrêtant l'expérience au bout d'un temps convenable, on arrive à obtenir une solution plus pauvre en sel que la première, et renfermant une proportion de sucre relativement plus considérable ; mais si le liquide placé sur le parchemin est un mélange d'un colloïde et d'un cristalloïde, le papier-parchemin, agissant comme colloïde, ne laissera passer

que le cristalloïde ; ce qui permettra d'obtenir des séparations beaucoup plus complètes que dans le premier cas.

La méthode d'analyse fondée sur les faits qui précèdent a reçu de Graham le nom de *dialyse*, et l'appareil qui vient d'être décrit s'appelle un *dialyseur*.

Les applications de la dialyse aux opérations chimiques sont nombreuses. Nous citerons seulement quelques exemples.

Dans le cours de ses belles recherches sur la composition de l'eau de Seine, en 1864, M. Péligot, examinant l'eau dans le voisinage d'Asnières, en sépara plusieurs principes par les méthodes ordinaires, et obtint comme résidu une masse noirâtre renfermant surtout des matières organiques. Cette masse noirâtre fut délayée dans l'eau, et la liqueur ainsi obtenue fut placée dans un dialyseur au-dessus de l'eau pure. Cette dernière se chargea alors d'une matière cristallisable que M. Péligot put isoler, qui était l'urée, l'un des principes constitutifs de l'urine, et dont la présence décelait la nature véritable des causes qui produisaient l'altération de l'eau.

Déjà, au mois de novembre 1855, M. Dubrunfaut avait cherché dans l'osmose un moyen de perfectionner le traitement des jus sucrés qui servent à l'extraction du sucre.

Ces jus renferment en dissolution, outre le sucre, certains sels parmi lesquels se trouvent le chlorure de potassium, l'azotate de potasse, etc. Lorsque après avoir concentré ces jus, on les soumet à la cristallisation, les sels restent dans les eaux mères avec le sucre qui n'a pas cristallisé. Ces eaux mères, convenablement concentrées, pourront fournir une nouvelle cristallisation de sucre. Mais les matières salines, s'accumulant à chaque opération dans les eaux mères, on obtiendra des jus sucrés de plus en plus riches en sels. Or, la présence des sels retarde considérablement la cristallisation du sucre, de telle sorte qu'on arrive, après un certain nombre de traitements, à obtenir des jus qui ne cristallisent qu'au bout d'un temps très-long, ou même pas du tout. Si, dans ces conditions, on pouvait enlever aux jus une portion notable des sels qu'ils renferment, on leur rendrait la propriété de fournir une nouvelle dose de sucre cristallisé. C'est ce problème que M. Dubrunfaut s'est posé et qu'il a résolu au moyen de l'appareil qu'il appelle l'*osmomètre*, et dont voici les principales dispositions.

La pièce essentielle de l'osmomètre est un cadre de bois (fig. 127) divisé par des traverses en plusieurs compartiments

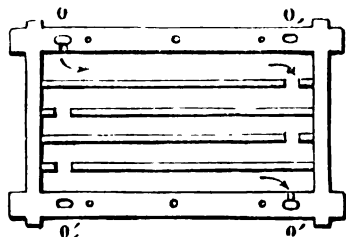


Fig. 127.

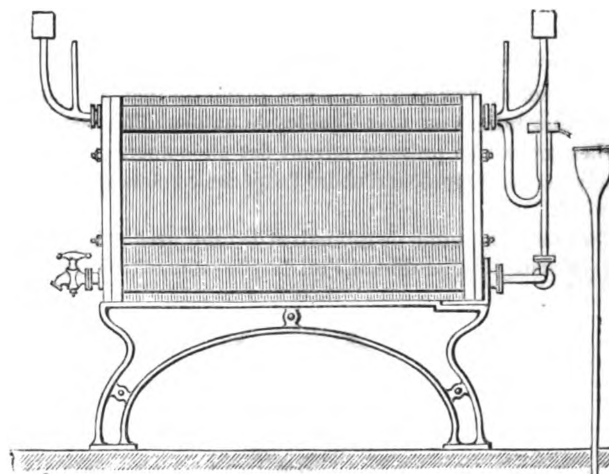
communiquant entre eux par des ouvertures pratiquées dans ces traverses. Sur les deux faces du cadre sont fixées des feuilles de papier-parchemin, de sorte que les intervalles qui existent entre les traverses peuvent être remplis par du liquide qui y sera maintenu par les cloisons de parchemin. Sur ce premier cadre est appliqué latéralement un second cadre semblable ; et la réunion de ces deux cadres constitue, en réalité, un récipient séparé en deux parties par la feuille de parchemin commune aux deux cadres.

Si l'on verse dans l'un des cadres des jus sucrés riches en sels, et dans l'autre de l'eau pure, les sels se diffusant beaucoup plus vite que le sucre, le jus sucré se trouvera, au bout d'un certain temps, beaucoup plus appauvri en sels qu'en sucre, et si l'expérience a duré pendant un temps convenable, on pourra obtenir, au moyen de jus très-salés, des jus capables de laisser cristalliser le sucre dans les conditions ordinaires.

L'effet produit est tellement net, que si le jus à osmoser renferme, par exemple, 4 parties de sel pour 1 partie de sucre, les proportions se trouvent, pour ainsi dire, renversées après l'osmose, c'est-à-dire que la liqueur peut être amenée à contenir 4 parties de sucre pour une de sels. La durée de l'osmose dépend d'ailleurs de la proportion de sels contenus dans les jus sucrés.

Mais on comprend qu'un appareil composé de deux cadres ne permettrait d'osmoser qu'un petit volume de liquide, et ne se prêterait pas à un emploi industriel.

C'est pourquoi M. Dubrunfaut réunit dans son osmomètre un grand nombre de couples de cadres fonctionnant simultanément.


Fig. 128. — Coupe verticale de l'osmomètre de M. Dubrunfaut.

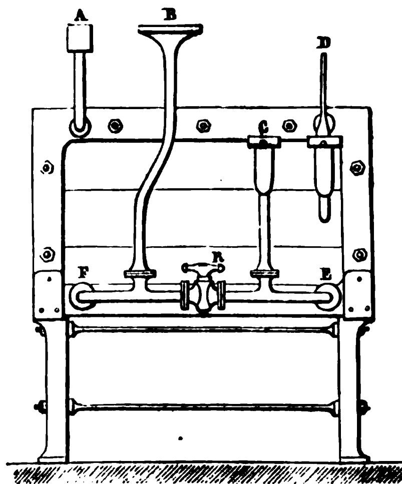


Fig. 129.

Chaque cadre porte, à la partie supérieure et à la partie inférieure, deux ouvertures o et o', o et $o'_{,}$. Dans les cadres qui reçoivent le jus sucré, l'ouverture o communique avec l'inté-

rieur du cadre par le moyen d'un petit canal vertical; les traverses sont percées de petits conduits, de telle sorte que le liquide entrant en o suit le chemin indiqué par les flèches, et vient se rendre dans l'ouverture o', située au bas du cadre.

Dans les cadres à eau, ce sont les ouvertures o_1, o'_1 qui correspondent avec les compartiments intérieurs.

Par la juxtaposition des cadres, les ouvertures o, o_1 forment des tubes par lesquels les jus sucrés et l'eau se distribuent dans les compartiments qui leur sont destinés; les ouvertures o', o'_1 forment de même, à la base de l'appareil, des canaux qui reçoivent les jus et l'eau après l'osmose, et les conduisent aux robinets de sortie. Les deux figures ci-dessus (fig. 128 et 129) représentent une vue d'ensemble et une coupe de l'appareil.

L'osmose s'effectue avec tant de rapidité, que l'opération est continue, et qu'avec l'osmomètre on peut traiter de 1800 à 2000 kilogrammes de jus en vingt-quatre heures.

Enfin, la dialyse est applicable toutes les fois que, dans une préparation, il s'agit de séparer un colloïde et un cristalloïde: c'est ainsi que Graham a pu préparer l'acide silicique soluble, l'alumine soluble, et un certain nombre de composés du même ordre.

DIFFUSION DES GAZ.

On vient de voir ce qui se passe quand on met en contact deux dissolutions ou deux liquides de nature différente.

Les gaz mis en présence offrent des phénomènes tout aussi intéressants. Rappelons d'abord l'expérience classique de Berthollet.

Deux ballons munis de robinets et de tubulures à vis (fig. 130) ont été remplis séparément, l'un d'hydrogène, et l'autre de gaz



FIG. 130.

acide carbonique. Les robinets étant fermés, on les a vissés l'un sur l'autre, l'hydrogène se trouvant dans le ballon supérieur. L'appareil a été placé dans les caves de l'Observatoire, où la température est sensiblement constante. Au bout d'un temps assez long pour que l'équilibre de température se fût établi dans toute la masse, on ouvrit avec précaution les deux robinets de manière à mettre les gaz en contact. On aurait pu croire que l'hydrogène, qui est environ 14,5 plus léger que l'air, resterait dans le ballon supérieur, au-dessus du gaz acide carbonique, qui est 1,5 fois plus lourd que l'air. Il n'en fut rien. Les deux gaz se diffusèrent l'un dans l'autre, de manière à occuper chacun le volume total, de telle sorte que chaque ballon renfermait un mélange, dans les mêmes proportions, d'hydrogène et d'acide carbonique.

La diffusion des gaz peut aussi avoir lieu à travers des cloisons poreuses. Mais ici, d'après M. Henri Sainte-Claire Deville, nous distinguerons deux cas : ou bien la cloison est grossièrement poreuse, comme l'argile cuite, la porcelaine dégourdie, etc.; ou bien elle est très-peu poreuse, à la manière du caoutchouc, du fer ou de l'acier.

Dans le premier cas, on peut assimiler le corps grossièrement poreux à une sorte de crible laissant passer plus facilement certains gaz que d'autres. Celui des gaz qui se diffuse le plus rapidement est alors celui qui passe le plus vite à travers la cloison poreuse. De là résultent différents effets que l'on constate facilement au moyen des expériences suivantes.

On peut, d'abord comme l'a fait Graham, mastiquer, à la partie supérieure d'un tube de verre A (fig. 131), une plaque bc du graphite comprimé qui sert à la fabrication des crayons dits à la mine de plomb. Le tube A est rempli d'hydrogène et placé sur la cuve à mercure. Alors l'hydrogène tend à sortir pour se diffuser dans l'air, et l'air tend à rentrer pour se diffuser dans l'hydrogène. Mais comme l'hydrogène traverse la plaque bc de graphite beaucoup plus rapidement que l'air, il en résulte que dans le même temps il sort plus d'hydrogène qu'il ne rentre d'air; la pression diminue dans l'intérieur du tube, et le mercure s'y élève au-dessus du niveau dans la cuve.

On peut faire l'expérience en sens inverse, c'est-à-dire remplir le même tube presque complétement de mercure, de

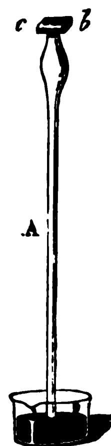


FIG. 131.



FIG. 132.

manière à ne laisser qu'un petit volume d'air à la partie supérieure. En recouvrant la plaque bc (fig. 132) avec une cloche pleine d'hydrogène, on voit le niveau du mercure baisser rapidement dans l'intérieur du tube.

Comme les plaques de graphite sont souvent difficiles à trouver, on peut appliquer aux mêmes expériences les vases poreux des piles, après les avoir toutefois recouverts d'une couche de collodion, si leur porosité est trop grande. Voici une disposition analogue à celle adoptée par M. Jamin en 1856.

Le vase poreux (fig. 133) est fermé par un bouchon bien mastiqué et traversé par deux tubes: l'un très-long, AB, qui s'ouvre à l'origine du vase et dont l'extrémité inférieure plonge

dans l'eau; l'autre, CD, très-court, terminé extérieurement par un robinet R et pénétrant jusqu'au fond du vase. Le robinet R du tube CD étant ouvert, on met ce tube en communication avec un appareil à hydrogène, et quand l'air a été chassé par le gaz, on ferme le robinet. L'eau monte alors rapidement et à une grande hauteur dans le tube AB.

Pour obtenir l'effet inverse, on fixe (fig. 134) dans le bouchon du vase poreux un tube de verre ABCD recourbé en forme de manomètre et renfermant de l'eau. Le robinet R permet d'établir l'égalité de pression à l'intérieur et à l'extérieur du vase. L'eau étant de niveau dans les deux branches du tube, et le robinet R étant fermé, on recouvre le vase poreux avec une cloche pleine d'hydrogène, et l'augmentation de pression intérieure est si rapide, que souvent l'eau du manomètre est projetée à l'extérieur du tube.

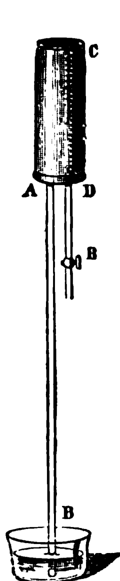


Fig. 133.

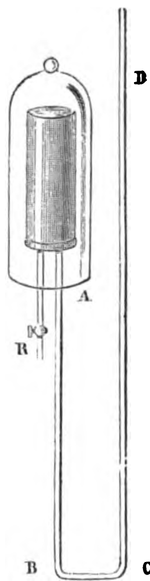


Fig. 134.

Mais comme les gaz traversent les cloisons poreuses avec des vitesses qui sont en raison inverse des racines carrées de leurs densités, les résultats qu'on obtient sont bien plus marqués lorsqu'on emploie deux gaz dont les poids spécifiques diffèrent plus que ceux de l'air et de l'hydrogène : l'acide carbonique et l'hydrogène, par exemple. C'est ce qui est réalisé dans l'expérience très-élégante de M. Henri Sainte-Claire Deville.

Un tube d'argile poreuse *a*, *a'* (fig. 135) est fixé, au moyen de bouchons bien mastiqués, suivant l'axe d'un manchon de verre qui l'entoure de toutes parts. Les bouchons sont traversés par des tubes *b*, *b'*, servant à l'entrée et à la sortie des gaz dans l'espace annulaire qui existe entre le manchon et le tube. Ce dernier est muni de deux tubes *a* et *a'* fixés à ses extrémités. Tous les tubes en *a* et *b* sont munis de robinets; en *a'* et *b'*, on adapte au moyen de caoutchouc des tubes de verre un peu longs.

Le tube de terre peut être mis en communication avec un appareil à hydrogène, et le manchon de verre avec un appareil à acide carbonique.

En ouvrant le robinet *a*, l'hydrogène passe dans le tube de terre poreuse, et l'on peut l'enflammer à l'extrémité du tube *c*.

Si l'on ouvre ensuite le robinet *b*, le manchon se remplit d'acide carbonique, et la diffusion se produit; l'hydrogène sort alors par le tube *d*, tandis que l'acide carbonique s'échappe par le tube *a'* par lequel sortait primitivement l'hydrogène. On voit en effet la flamme qui se produisait au bout du tube *c* diminuer rapidement et se réduire presque à rien, tandis qu'à l'extrémité du tube *d*, par lequel devrait sortir l'acide carbonique, on obtient une flamme d'hydrogène d'une grande longueur.

Les faits précédents ont conduit M. Ansell à une ingénieuse application réalisée dans la construction du cherche-fuites (fig. 136).

Un tube recourbé de verre, plein de mercure, communique avec un réservoir hémisphérique dont la partie supérieure est de terre poreuse; au sommet du tube, une petite tige de platine forme un des pôles d'une pile dont l'autre pôle est en contact permanent avec le mercure. Le réservoir étant plein d'air et la pression étant la même à l'intérieur et à l'extérieur, le mercure est de niveau dans le tube recourbé, et la tige de platine étant au-dessus du mercure, le courant ne passe pas dans l'appareil. Mais si l'on produit au-dessus de l'appareil un dégagement de gaz d'éclairage, la diffusion a lieu immédiatement; la pression augmente à l'intérieur du réservoir, et le mercure est refoulé vers la tige de platine, avec laquelle il est bientôt en contact. Alors le circuit est fermé, et le courant fait marcher une sonnerie électrique adaptée à l'appareil.

Substituons maintenant à ces corps grossièrement poreux des corps peu poreux, comme l'acier ou le caoutchouc, et examinons les phénomènes qu'ils présentent, en les comparant à ceux observés sur les premiers corps.

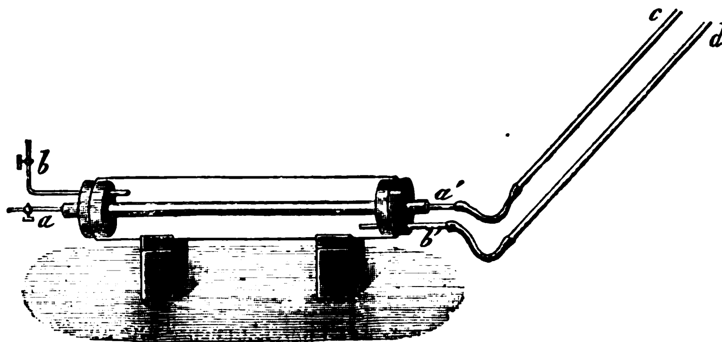


Fig. 135. — Appareil de M. Henri Sainte-Claire Deville pour la diffusion de l'hydrogène.

La porosité de l'acier ne se manifeste qu'à une haute température. Elle a été mise en évidence par MM. Henri Sainte-Claire Deville et Troost [illegible] l'appareil suivant (fig. 137).

Un tube d'acier [illegible] d'un tube de

porcelaine *ab*. Ces deux tubes sont chauffés dans un fourneau où brûle du charbon de cornue soumis à un fort courant d'air. Le tube d'acier communique directement avec les deux robinets T et R. La communication avec le tube de porcelaine est établie au moyen de deux tubes de verre auxquels sont soudées les tubulures *c* et *d*.

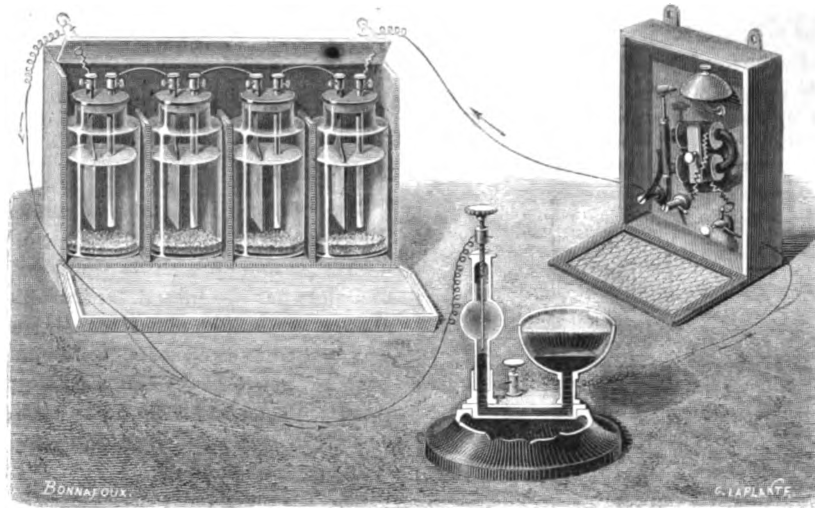


FIG. 136. — Cherche-fuites de M. Ansell.

L'hydrogène est préparé dans l'appareil F, et ensuite desséché. Le tube qui l'amène se bifurque en *q*; chaque partie du tube est munie d'un robinet *s*, *s'*, et vient se souder en *o* et *o'* avec les tubes par lesquels se dégage l'azote.

Ce dernier gaz se prépare (1) en faisant passer l'air du gazomètre L sur du cuivre réduit placé dans le tube *hg* et chauffé au moyen d'une grille à gaz. L'azote desséché se rend dans le tube *mn*, qui se bifurque en *n*. Chaque partie de la bifurcation est munie d'un robinet *r*, *r'*.

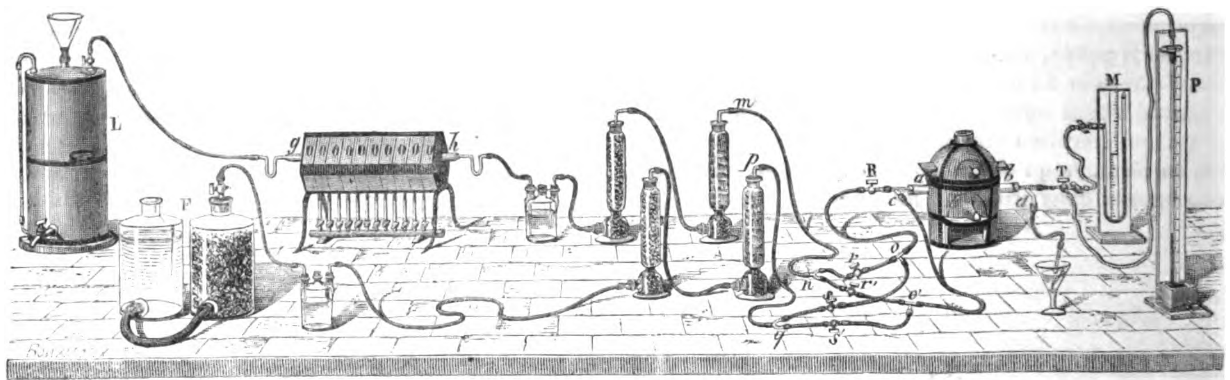


FIG. 137. — Appareil de MM. Henri Sainte-Claire Deville et Troost pour la diffusion des gaz à travers l'acier chauffé.

Le tube *no* communique au moyen du robinet R avec le tube d'acier; le tube *no'* communique avec le tube de porcelaine par la tubulure de verre *c*.

Le gaz qui entre en *c* dans le tube de porcelaine peut sortir directement en *d*; le gaz qui pénètre dans le tube d'acier en R peut agir par l'intermédiaire du robinet à trois voies T, sur un manomètre à deux branches M ou sur un baromètre P.

Lorsque les deux tubes sont suffisamment chauffés, on remplit tout l'appareil d'hydrogène; on met le tube TR en communication avec le baromètre. Alors, au moyen des robinets, on arrête l'arrivée de l'hydrogène dans le tube de porcelaine, et l'on y amène l'azote. Le tube d'acier est donc plein d'hydrogène et entouré par l'azote que remplit le tube de porcelaine, le robinet R étant fermé. Alors l'hydrogène se diffuse dans l'azote, et il se fait un vide plus ou moins avancé dans le tube d'acier.

Si l'on renverse l'ordre des courants gazeux en mettant l'azote à l'intérieur du tube d'acier et l'hydrogène à l'extérieur, ce dernier gaz pénètre dans le tube de métal, et le manomètre accuse une augmentation de pression qui peut aller jusqu'à près de 2 atmosphères.

On peut rapprocher des résultats de cette belle expérience ceux que présente un petit ballon de caoutchouc plein d'air et plongé dans une atmosphère d'hydrogène. En entourant le ballon d'un fil inextensible, on le voit augmenter peu à peu de volume jusqu'à ce qu'il éclate. Il suffit pour cela de placer

(1) Le cuivre est renfermé dans un tube de fer aux deux extrémités duquel on a soudé ensuite deux tubes de fer de plus petit diamètre, servant à l'entrée et à la sortie des gaz. Lorsque le cuivre a absorbé une quantité suffisante d'oxygène, on réduit l'oxyde par l'hydrogène, de sorte que le même cuivre sert indéfiniment.

le ballon, pendant deux heures environ, sous une cloche un peu grande pleine d'hydrogène. C'est l'effet inverse qui se produit quand de petits ballons pleins d'hydrogène sont placés dans l'air : on sait qu'ils ne tardent pas à se dégonfler.

On ne peut évidemment pas expliquer ces effets par des causes semblables à celles que présentent les corps grossièrement poreux; mais sans chercher à en donner une explication complète, on peut s'en rendre compte en les rapprochant de l'élégante expérience de Marianni.

Dans un grand vase plein d'acide carbonique gazeux, on laisse tomber une bulle de savon gonflée avec de l'air. La bulle plonge en partie dans le gaz et flotte près de la surface. Le gaz carbonique se dissout à la surface extérieure de la bulle; par la diffusion, la solution gazeuse arrive bientôt à la surface intérieure. Là elle rencontre l'air, c'est-à-dire une atmosphère vis-à-vis de laquelle elle se comporte comme dans

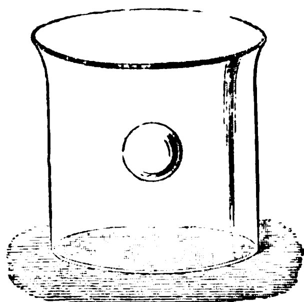


FIG. 138.

le vide : le gaz carbonique se dégage et augmente la pression intérieure, et par suite le volume de la bulle. Les mêmes phénomènes se reproduisant d'une manière continue, la bulle est rendue plus lourde, s'enfonce de plus en plus dans le gaz acide carbonique ; son volume augmente en même temps ; la couche d'eau de savon devient de plus en plus mince, ce qu'indiquent les différentes colorations de la bulle, qui finit par éclater.

Avec l'acier chauffé, le caoutchouc, etc., on peut admettre que les gaz se liquéfient en se dissolvant dans ces corps, arrivent en présence du gaz intérieur, et s'y diffusent comme dans le vide.

Sans prétendre que ce soit là l'explication véritable de ces phénomènes, on peut du moins affirmer que les résultats sont exactement les mêmes que si les choses se passaient dans l'expérience de Marianni.

Ce qu'il importe de remarquer, c'est la différence considérable entre les pressions qui s'établissent dans les espaces séparés par le corps perméable ; ce qui a fait dire à M. Henri Sainte-Claire Deville que le corps perméable fonctionnait comme la réunion de petites pompes aspirantes et foulantes, raréfiant le gaz d'un côté pour le comprimer de l'autre.

Et si l'on veut passer de ces expériences de laboratoire aux applications industrielles, il suffit de rapporter les belles recherches de M. Cailletet sur le passage de l'hydrogène à travers le fer chauffé, et les explications qu'il en a tirées de différents phénomènes métallurgiques.

M. Cailletet soumet au laminoir des portions de canons de fusil. Il obtient ainsi des cylindres plats dont les deux extrémités sont ensuite soudées, et qu'on peut comparer à deux rectangles allongés formés de lames en contact et soudées sur les bords.

Ces cylindres plats étant soumis à la haute température d'une forge à réchauffer, les gaz du foyer pénétrant à travers le fer chauffé, les parties non soudées se séparent, et le canon de fusil reprend sa forme cylindrique et son volume primitif.

C'est à cette pénétration du fer par les gaz que M. Cailletet attribue la formation des soufflures qui recouvrent souvent les pièces de forge de grandes dimensions, et surtout les pièces pour blindages, au moment où on les extrait des fours à souder.

Supposons en effet une pièce de fer fortement chauffée et renfermant dans sa masse des cavités plus ou moins grandes. Les gaz du foyer vont pénétrer dans les cavités à travers le fer et s'y accumuler comme dans le canon de fusil aplati ; la pression deviendra assez forte pour opérer la distension du métal ramolli et produire des soufflures : si l'on perce une de ces soufflures en retirant la pièce du foyer, il se produit un jet de gaz combustibles.

Si, au lieu d'employer du fer renfermant dans sa masse des vides plus ou moins nombreux, on se sert de fer parfaitement doux et homogène, tel que celui qu'on obtient en chauffant à une température élevée de l'acier fondu, on remarque que ces lames de fer se transforment en acier sans qu'il se produise aucune ampoule à leur surface.

Ce sont donc bien les gaz renfermés dans les caisses à cémentation qui traversent le fer, et qui, pénétrant dans les cavités du fer, s'y accumulent sous une pression qui opère la distension du métal et produit une soufflure.

M. Cailletet conclut de ces recherches que, pour transformer en acier des pièces de fer dont les surfaces ne doivent pas présenter d'ampoules, il faut employer un procédé rapide de cémentation et se servir de fer aussi homogène que possible.

Pour reconnaître la nature du gaz qui passe à travers le métal, M. Cailletet prend un large tube de fer aplati, le soude à l'une de ses extrémités, et adapte à l'autre bout, au moyen d'une soudure à l'étain, un tube de cuivre embouti de très-petit diamètre. Ce système est placé dans un cylindre de terre non vernie et chauffé au rouge dans un fourneau alimenté avec du charbon de bois. La soudure à l'étain étant refroidie, il se produit par le tube de cuivre un courant continu d'un gaz qui est de l'hydrogène presque pur.

M. Cailletet a reconnu que cette perméabilité du fer pour l'hydrogène existait encore à la température ordinaire.

En soumettant au décapage dans l'acide sulfurique étendu des lames de fer parfaitement planes, on les voit se recouvrir d'ampoules nombreuses pendant l'action du bain acide. En perçant ces ampoules sous l'eau, il est facile de reconnaître que le gaz qui se dégage est de l'hydrogène.

En construisant une ampoule artificielle formée par des lames de large surface, et en y adaptant un tube de cuivre de petit diamètre, il suffit de plonger le système dans l'acide sulfurique ou chlorhydrique étendu pour que le tube de cuivre laisse échapper des bulles nombreuses d'hydrogène. Ce gaz se dégage même à travers le mercure, et n'est pas arrêté par une pression de 35 centimètres de mercure.

En résumé, les phénomènes de diffusion des liquides et des gaz se trouvent diversement modifiés lorsque ces corps, au lieu d'être en contact, sont séparés par une paroi perméable. Cette influence de la paroi, mise en lumière par les expériences qui viennent d'être exposées, a permis aux chimistes d'isoler de nouveaux composés, de créer de nouvelles méthodes

d'analyse, et d'interpréter des faits dont l'explication était jusqu'alors inconnue. Ces résultats importants suffisent pour justifier l'intérêt soutenu que l'étude de la diffusion des corps excite parmi les savants.

V. DE LUYNES,
Professeur au Conservatoire des arts et métiers.

Faculté de médecine de Paris.

M. G. Sée, qui vient de quitter la chaire de thérapeutique, où il est resté si peu de temps, pour prendre une chaire de clinique médicale, commencera son cours de clinique médicale à la Charité, le lundi 30 novembre, à neuf heures.

— M. Béhier, qui passe de la Pitié à l'Hôtel-Dieu, par permutation avec M. Grisolle, y commencera ses leçons de clinique médicale, dans l'amphithéâtre n° 1, le mercredi 2 décembre, à neuf heures et demie.

— M. Constantin Paul, agrégé, suppléant de M. Bouillaud, commencera son cours de clinique médicale à la Charité, le samedi 5 décembre, à neuf heures, et le continuera les mercredis et samedis suivants à la même heure.

—M. Bouchut a commencé son cours de pathologie interne à l'École pratique, dans l'amphithéâtre n° 2, le mardi 24 novembre, à quatre heures.

— Par suite du passage de M. G. Sée à une chaire de clinique médicale, la chaire de thérapeutique de la Faculté vient d'être déclarée vacante. On remarque, parmi les candidats, MM. Gubler et Bouchut.

— Une chaire de pathologie chirurgicale se trouve également vacante par suite de la translation de M. Broca dans la chaire de clinique chirurgicale de la Pitié. M. Dolbeau a été présenté hier par la Faculté de médecine, en première ligne, par 15 voix contre 14 données à M. Trélat; M. Trélat a obtenu une majorité très-considérable pour la seconde ligne, et M. Guyon la presque unanimité pour la troisième.

BULLETIN DES COURS.

Faculté des sciences de Paris.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE (les mercredis et vendredis, à midi et demi.) — M. OSSIAN BONNET ouvrira ce cours le mercredi 9 décembre. Il traitera des applications de la Méthode infinitésimale à la théorie des lignes et des surfaces courbes.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL (les lundis et jeudis, à dix heures). — M. J. A. SERRET, professeur, ouvrira ce cours le lundi 30 novembre. Il traitera du Calcul différentiel.

MÉCANIQUE RATIONNELLE (les mercredis et vendredis, à dix heures). — M. LIOUVILLE, professeur, ouvrira ce cours le mercredi 2 décembre. Il traitera de la Composition des Forces et des Lois générales de l'Equilibre et du Mouvement.

ASTRONOMIE (les lundis et jeudis, à huit heures et demie). — M. PUISEUX, professeur, ouvrira ce cours le lundi 30 novembre. Il exposera les Principes du Calcul des perturbations, et il en fera l'application à diverses inégalités du mouvement des planètes.

CALCUL DES PROBABILITÉS ET PHYSIQUE MATHÉMATIQUE (les mardis et samedis, à dix heures et demie). — M. BRIOT, ouvrira ce cours le mardi 8 décembre. Il exposera les Principes de la Théorie des fonctions elliptiques, dont il fera ensuite l'application à diverses questions de physique mathématique.

MÉCANIQUE PHYSIQUE ET EXPÉRIMENTALE (les mardis et samedis, à midi). — M. DELAUNAY, professeur, ouvrira ce cours le mardi 1er décembre. Il traitera des principales machines employées dans l'industrie, et spécialement des Machines motrices.

PHYSIQUE (les mardis et samedis, à une heure et demie). — M. P. DESAINS, professeur, ouvrira ce cours le mardi 1er décembre. Il traitera de la Chaleur, du Magnétisme, de l'Electricité, de l'Electro-magnétisme et de leurs principales applications.

CHIMIE (les lundis et jeudis, à une heure). — M. H. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE, professeur, ouvrira ce cours le jeudi 3 décembre. Il exposera les Principes généraux de la Chimie, et fera l'Histoire des métaux.

ZOOLOGIE, ANATOMIE, PHYSIOLOGIE COMPARÉE (les mardis et samedis, à trois heures et demie). — M. MILNE EDWARDS, professeur, ouvrira ce cours le mardi 1er décembre, et traitera de l'Anatomie comparée et de la Physiologie des animaux.

MINÉRALOGIE (les mercredis et vendredis, à deux heures). — M. DELAFOSSE, professeur, ouvrira ce cours le mercredi 2 décembre. Après avoir exposé les propriétés générales des Minéraux, il fera l'histoire des principales espèces, et plus particulièrement de celles de la classe des Métaux.

COURS ANNEXE.

PALÉONTOLOGIE (les mercredis et vendredis, à trois heures trois quarts). — M. A. GAUDRY, docteur ès sciences, chargé du cours, traitera des principaux types d'Animaux et de Végétaux qui ont existé pendant les diverses périodes géologiques. Il ouvrira ce cours le mercredi 2 décembre.

Enseignement libre de la Sorbonne.

Salle de la rue Gerson.

Cours scientifiques. — Ouverture le 23 novembre.

MATHÉMATIQUES (les lundis et mercredis, à une heure). — M. EMILE MATHIEU, docteur ès sciences, traitera des Méthodes d'intégration en physique mathématique.

CALCUL DES PROBABILITÉS (les jeudis, à neuf heures et demie du matin). — M. CHARLES SIMON, docteur ès sciences, professeur au lycée Louis le Grand, exposera les Principes du calcul des probabilités et la Théorie des erreurs fortuites dans les observations astronomiques.

ASTRONOMIE (les jeudis, à deux heures et demie). — M. CHARLES EMMANUEL fera une étude comparative de la théorie de Kepler et de la théorie de Newton.

MÉTÉOROLOGIE (les mardis, à deux heures). — M. MARIÉ-DAVY, astronome à l'Observatoire impérial, traitera des Instruments météorologiques et de leur emploi; des conditions climatériques des diverses régions du globe et des causes de leurs dissemblances.

CHIMIE APPLIQUÉE A LA PHYSIOLOGIE ET A LA PATHOLOGIE ANIMALES (les jeudis, à trois heures trois quarts). — M. P. SCHUTZENBERGER, docteur ès sciences et docteur en médecine, exposera les Méthodes d'analyse chimique applicables à l'examen des liquides et des tissus de l'organisme animal.

ANATOMIE COMPARÉE (les lundis et vendredis, à trois heures et demie.) — M. ALIX, docteur en médecine, exposera, au point de vue de l'anatomie comparée, l'Organisation du règne animal considéré dans son ensemble.

HISTOLOGIE (les mercredis et samedis, à cinq heures). — M. GEORGES POUCHET, aide-naturaliste et chef des travaux anatomiques au Muséum d'Histoire naturelle, après avoir exposé les Principes de l'anatomie générale, fera l'Histoire des éléments anatomiques et des tissus doués de la propriété de mouvement chez les animaux.

AVIS.

Les abonnés dont l'époque de renouvellement échoit à la fin de novembre et qui désirent à cette occasion changer les conditions de leur souscription et profiter des avantages que leur présente, soit l'abonnement d'un an, s'ils ne sont abonnés qu'au semestre, soit la souscription aux deux *Revues des cours scientifiques* et *des cours littéraires*, sont priés d'avertir immédiatement M. Germer Baillière, en lui envoyant un mandat sur la poste ou des timbres-poste.

Les abonnés qui, d'ici au 5 décembre, n'auront fait parvenir aucun avis au bureau de la *Revue*, seront considérés comme désirant continuer leur abonnement dans les mêmes conditions. En conséquence, ils recevront par l'entremise des porteurs, soit à Paris, soit dans les départements, une quittance semblable à celle qui leur a été déjà remise lors de leur première souscription.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

TABLE DES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS

TABLE DES AUTEURS

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

A

D

E

TABLE GÉNÉRALE DES CINQ PREMIÈRES ANNÉES

Astronomie.

Physique — Météorologie — Mécanique.

Chimie.

Géologie. — Minéralogie.

Botanique. — Agriculture.

Anthropologie — Zoologie

Embryogénie — Anatomie

Physiologie — Médecine

Histoire et philosophie des sciences

Paris. — Imp. de E. Martinet, rue Mignon, 2.

